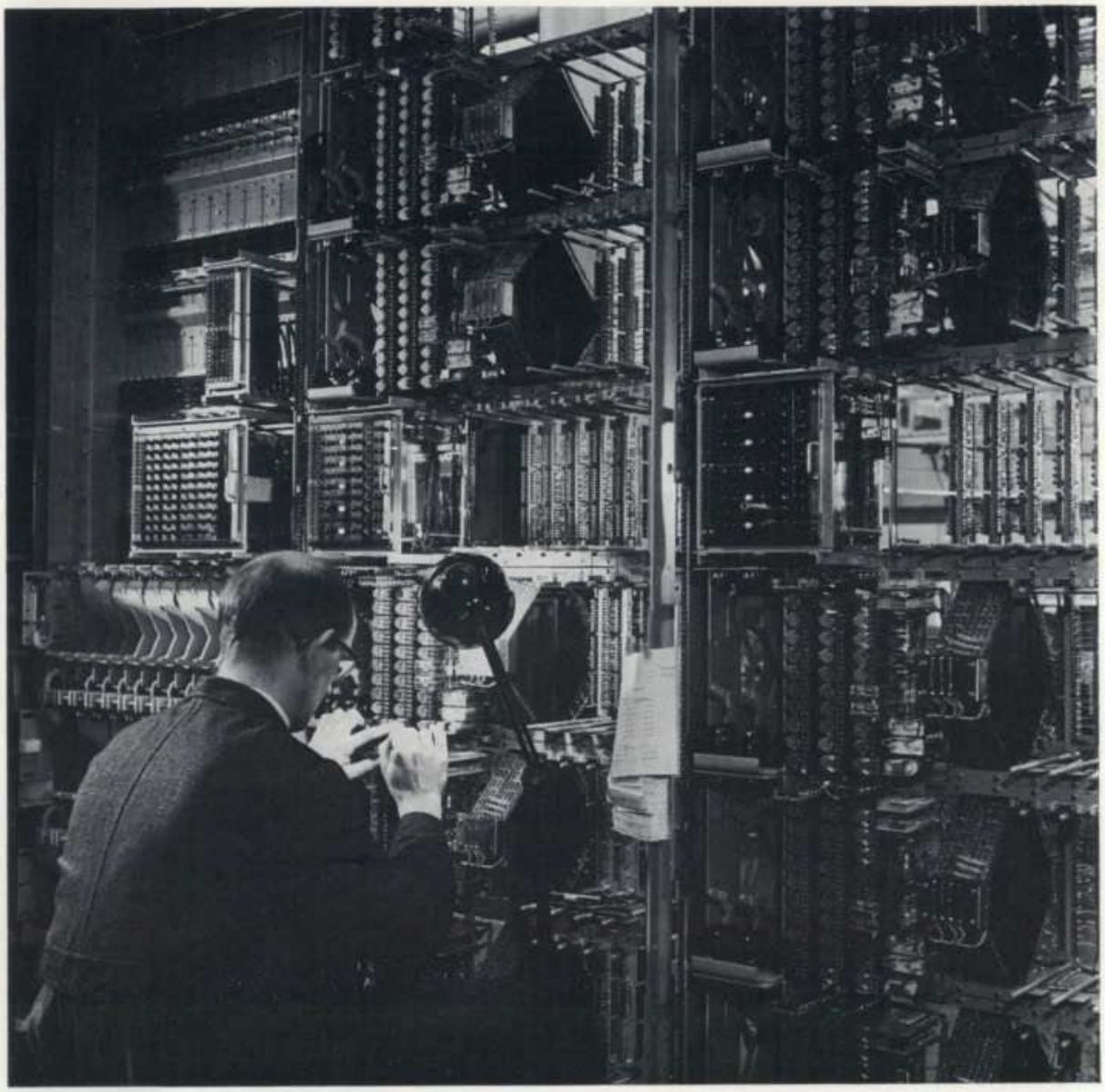
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

PHILIPS TECHNISCH TIJDSCHRIFT

JAARGANG 26. 1964/65, no. 4/5



Onderzoek en fabricage ten behoeve van telecommunicatie is het oogmerk van vele afdelingen van het Philipsconcern in verschillende landen. Het centrum van deze activiteit voor zover het de eigenlijke telecommunicatie-apparatuur betreft, vormt de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, met hoofdvestigingen te Hilversum en Huizen en voorts 's-Gravenhage, Hoorn en Amersfoort. Activiteit voor defensie-systemen, die sterk zijn gekoppeld aan telecommunicatie, is voornamelijk geconcentreerd bij de N.V. Hollandse Signaalapparaten te Hengelo.

In dit nummer van ons tijdschrift zijn een aantal artikelen gebundeld die een overzicht geven van het werk van de genoemde centra. Volledig kan dit overzicht natuurlijk niet zijn. Een enigszins compleet beeld verschaft het driemaandelijkse tijdschrift „Philips Telecommunication Review", dat door de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie wordt uitgegeven. Als representatieve onderwerpen voor dit nummer van ons tijdschrift zijn gekozen: de ontwikkeling van draaggolftelefoniesystemen; de bouw van automatische telegraafcentrales, en een interessant hulpmiddel hiervoor: een magnetisch-bandgeheugen met statische aflezing; het probleem van de verkeersregeling bij grote luchthavens en de oplossing daarvan met een elektronische rekenmachine; en de constructie van televisiezenders voor de nieuwe banden IV en V. Aan deze serie artikelen is toegevoegd een overzicht van het te Eindhoven in het Natuurkundig Laboratorium verrichte fundamentele onderzoek over companders, die ten doel hebben de niveauvariaties in de spraak beter aan te passen aan het telecommunicatiesysteem.

De bewerking van al deze artikelen heeft in handen gelegen van ir. F. Westerveld, vroeger redacteur van het bovengenoemde tijdschrift „Philips Telecommunication Review", die we voor deze speciale taak als gast in de redactie hebben mogen opnemen.

Als toegift vindt de lezer in dit nummer een bij het algemene thema passende historische inleiding: een schets van enkele belangrijke etappes uit het begin van de moderne telecommunicatietechniek.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Moderne systemen voor draaggolftelefonie

H. N. Hansen

621.395.44

Inleiding

Sinds de techniek der draaggolftelefoniesystemen het laatst in dit tijdschrift ter sprake kwam [1], heeft deze een belangrijke ontwikkeling doorgemaakt, waarbij vooral door het gebruik van transistors nieuwe mogelijkheden zijn geschapen. In het hiernavolgende zullen wij een beknopt overzicht geven van de ontwikkelingen die bij Philips op dit gebied hebben plaatsgevonden.

Naarmate het aantal telefoongesprekken dat over één transmissieweg — b.v. een aderpaar in een kabel — kan worden overgebracht, groter is, nemen de economische voordelen van de draaggolftelefoniesystemen toe. Dit leidt tot het streven, de beschikbare frequentieband op het transmissiekanaal steeds breder te maken, d.w.z. de bovengrens daarvan naar steeds hogere frequenties te verschuiven.

Aan dit streven worden door verschillende factoren van technische aard beperkingen opgelegd. In de eerste plaats zal bij transmissie over een kabel deze laatste geschikt moeten zijn om de gewenste frequentieband over te brengen. In het geval van kabels met symmetrische aderparen wordt de hoogste bruikbare frequentie bepaald door het overspreken, d.w.z. door de stoorspanningen die geïnduceerd worden als gevolg van de onvermijdelijke inductieve en capacitieve koppelingen tussen de verschillende aderparen van een zelfde kabel. Deze beperking bestaat niet bij kabels met coaxiale aderparen. Hierbij worden de overspreekeigenschappen namelijk bij toenemende frequentie steeds beter. In beginsel is hier dus de keuze van de hoogste transmissiefrequentie vrij.

De meest essentiële beperkingen worden ons echter opgelegd door de zg. lijnapparatuur, die de functie heeft om de kabeldemping te compenseren en daarom voor het grootste gedeelte uit versterkers bestaat. Bij alle kabels neemt de demping per kilometer met de frequentie toe, en hoe hoger men de grens van de over te brengen frequentieband legt, des te korter moet men de afstand tussen twee opeenvolgende versterkers maken. Versterkersecties met een lengte van de orde van grootte van 5 km treft men tegenwoordig dan ook vaak aan.

Buizenversterkers kunnen voor dergelijke korte versterkerafstanden zeer goed worden gebouwd. Economisch en uit een oogpunt van exploitatie hebben ze echter nadelen. Het economische nadeel is daarbij niet zozeer gelegen in de aanschaffingsprijs, daar deze niet zo hoog is dat daardoor de kosten der grote systemen ongunstig zouden worden beïnvloed. Doordat echter de versterkers toegankelijk moeten zijn voor onderhoudswerkzaamheden, zoals het op gezette tijden verwisselen van buizen, moeten ze in een eenvoudig huisje of in een straatkast worden ondergebracht. Bij afstanden van 5 km tussen deze kasten worden de kosten van behuizing al gauw onevenredig hoog ten opzichte van die van de apparatuur. Daarenboven wordt de verbinding op deze wijze veel kwetsbaarder dan wenselijk is.

Uit een oogpunt van exploitatie is het voornaamste probleem gelegen in de voeding der versterkers. De eis van volstrekte betrouwbaarheid waaraan de verbinding moet voldoen brengt nl. mee dat de voeding, ook bij storingen in het openbare elektriciteitsnet, nimmer mag worden onderbroken. Hiervoor zijn noodstroomvoorzieningen noodzakelijk, waarvoor het economisch niet verantwoord is ze op afstanden van enkele kilometers te herhalen. Voor systemen met niet te grote aantallen kanalen per aderpaar, d.w.z. met niet te hoge grensfrequentie en met redelijke afstanden tussen de versterkers, is het nog mogelijk de voedingsinstallaties op onderlinge afstanden van 25 tot 100 km te plaatsen en de tussengelegen versterkers over dezelfde kabel te voeden die ook de draaggolfenergie transporteert. Deze mogelijkheid is aantrekkelijk, doch begrensd door de omstandigheid dat de kabel op een gegeven ogenblik, als het aantal versterkers te groot wordt, de benodigde voedingsenergie niet meer kan overbrengen.

Voor draaggolfsystemen met buizenversterkers ontstaat zo een tegenstrijdigheid tussen de eisen van een logische technische ontwikkeling, die voert naar grote aantallen versterkers, op korte onderlinge afstanden langs het kabeltraject geplaatst, en die van een economische exploitatie, die niet alleen vraagt om een zo gering mogelijk periodiek onderhoud, maar ook om een zo eenvoudig mogelijke behuizing, b.v. door het begraven van de versterkers in de grond, juist zoals dit met de kabel gebeurt. Het is slechts de invoering van de transistor geweest die een uitweg uit deze impasse heeft geschapen. Zoals wij zullen zien, heeft deze verandering zich niet tot de lijnversterkers beperkt, doch is ook voor de eindapparatuur ingevoerd.

Invoering van transistors

Ongeveer veertig jaar geleden, toen de versterkbuis zijn eerste ontwikkeling had doorgemaakt, werd

Ir. H. N. Hansen, medewerker van N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de ontwikkeling van de draaggolftelefoniesystemen ter hand genomen. Het sprak daarbij vanzelf dat de toegepaste constructies geheel aan de eigenschappen van de versterkbuizen waren aangepast. Toen wij dan ook een jaar of twaalf geleden tot de slotsom kwamen dat de logische verdere ontwikkeling der draaggolfsystemen de toepassing van transistors vereiste, beseften wij evenzeer dat hiervoor een grondige herziening van de constructies noodzakelijk was.

In de eerste plaats kon bij het ontwerpen hiervan gebruik worden gemaakt van de nuttige eigenschap van de transistor dat deze, mits goed toegepast, een vrijwel onbegrensde levensduur heeft en daardoor, wat dit betreft, op één lijn kan worden gesteld met de passieve onderdelen van de versterker, zoals weerstanden, condensatoren, spoelen, enz. Dit schept de zo gewenste mogelijkheid om de lijnversterkers bij de kabel te begraven op een wijze welke steeds meer overeenkomst gaat vertonen met de techniek die bij pupinspoelen gebruikelijk is.

Verdere prettige eigenschappen van de transistor zijn de geringe warmteontwikkeling — deze laatste mede als gevolg van het feit dat de noodzaak van gloeidraadvoeding vervalt — en de omstandigheid dat slechts een enkele lage voedingsspanning van ongeveer 10 V vereist is. Door de geringe warmteontwikkeling is een zeer compacte bouwwijze mogelijk zonder dat er in het algemeen gevaar bestaat voor het optreden van te hoge temperaturen. De lage voedingsspanning is niet alleen gunstig voor de levensduur van de overige onderdelen, maar stelt ons, doordat ook het energieverbruik zo gering is, in staat de versterkers op zeer eenvoudige wijze over de kabel te voeden. De eigenlijke voedingsapparatuur, die met de versterkers begraven wordt, slinkt daarbij tot een minimum.

In het bovenstaande hebben wij nog slechts de invloed besproken die de invoering van transistors op de lijnapparatuur heeft gehad, en wel omdat in deze sector de meest in het oog vallende resultaten werden geboekt. Wij willen nu een paar woorden wijden aan de invloed van de transistor op de eindapparatuur.

In de eindapparatuur wordt de band van spraakfrequenties door middel van een, soms vrij ingewikkeld, modulatieprocédé getransporteerd naar zijn plaats in de frequentieband van het draaggolfsysteem, of omgekeerd. In tegenstelling tot de lijnapparatuur, waarin uitsluitend collectieve versterking der kanalen plaatsvindt, geeft de eindapparatuur elk kanaal een enigermate individuele behandeling. Zoals de naam aangeeft, vindt men deze apparatuur in de regel aan de einden van de verbinding, en wel in de zg. versterkerstations, die in de grote steden vaak voor vele duizenden kanalen zijn ingericht. Dit aantal neemt gewoonlijk met zeven tot vijftien procent per jaar toe en de voortdurende groei van deze, thans reeds zo grote, agglomeraties maakt het begrijpelijk dat men ernaar streeft de afmetingen van de per kanaal nodige apparatuur zo gering mogelijk te maken en daarmee de huisvestingsruimte zo nuttig mogelijk te gebruiken.

Bij buizenapparatuur wordt aan de verkleining der afmetingen al vrij spoedig door de vrijkomende warmte een grens gesteld. Hierdoor ontstaan te hoge temperaturen, niet alleen binnen de versterkers zelf, doch ook in de ruimten waarin de apparatuur voor zovele kanalen moet worden opgesteld. De transistor biedt alweer, door zijn kleine afmetingen en geringe dissipatie, de mogelijkheid de afmetingen van de apparatuur te verkleinen. Daarbij verhoogt hij de betrouwbaarheid van deze apparatuur en komt tegemoet aan de moeilijkheid dat door de voortdurende groei van deze installaties en de algemene schaarste aan technisch onderhoudspersoneel het verrichten van periodiek onderhoud per kanaal steeds bezwaarlijker wordt.

Nieuwe draaggolfsystemen

Wij hebben er reeds op gewezen dat bij de invoering van transistors de constructieve uitvoering van de draaggolfapparatuur grondige herziening behoeft. Behalve de vervanging van de buis door de transistor is namelijk ook de vervanging van het gehele onderdelenpakket noodzakelijk. Aan apparatuur voor draaggolftelefonie worden bijzonder hoge eisen van betrouwbaarheid gesteld en alle kinderziekten moeten dan ook zijn overwonnen voor een systeem in werkelijke dienst wordt gesteld. Alle nieuwe onderdelen moeten grondig op dit punt worden onderzocht en transistorisatie van draaggolfapparatuur vraagt hierdoor een zeer intensieve en langdurige ontwikkelingsarbeid. Na een werkzaamheid van twaalf jaar is thans een volledige „familie" van getransistoriseerde draaggolfsystemen van aanmerkelijk verkleinde afmetingen beschikbaar.

Er is hier sprake van een familie, omdat een enigermate harmonisch opgebouwd programma van draaggolftelefonieapparatuur systemen moet omvatten met capaciteiten, variërend van twaalf tot enige duizenden kanalen. Het is begrijpelijk dat er bij elke fabrikant een streven bestaat om in al deze systemen zoveel mogelijk dezelfde apparatuur te gebruiken.

Draaggolfsystemen worden niet alleen toegepast in transmissiesystemen met metallieke geleiders, doch ook op straalverbindingen. Voor dit gehele gebied is, als resultaat van internationale samenwerking tussen telefoonadministraties en fabrikanten, een normalisatie tot stand gekomen. Hierdoor kunnen thans met een

[1] H. N. Hansen en H. Feiner, Draaggolftelefonie op coaxiale kabels, Philips techn. T. **14**, 14-23, 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

minimum aan apparatentypen systemen voor zeer uiteenlopende aantallen kanalen worden samengesteld.

De voordelen hiervan springen in het oog als men bedenkt dat in de knooppunten der telefoonnetten vaak verbindingen samenkomen die van zeer verschillende transmissiemedia, zoals symmetrische of coaxiale kabels, luchtlijnen of straalverbindingen gebruik maken. Het is daarbij nodig dat de geïnstalleerde apparatuur zonder moeilijkheden kan samenwerken.

Algemene constructieve bijzonderheden

De hierboven genoemde normalisatie heeft vooral betrekking op de uitwendige elektrische eigenschappen der draaggolfsystemen. Ten aanzien van de schematiek en van de constructieve uitvoering wordt — met uitzondering van enige hoofdafmetingen — aan de fabrikanten de vrije hand gelaten, en het is dan ook in dit opzicht dat men bij de verschillende fabrikaten de voornaamste verschillen aantreft.

De constructieve ontwikkeling heeft bij Philips gevoerd tot een geheel eigen techniek, waarbij alle elektrische onderdelen die tot een functionele eenheid — b.v. een versterker — behoren, luchtdicht worden afgesloten. Deze techniek heeft als „conclave"-constructie bekendheid gekregen. Omstreeks 1950, toen een nieuwe versie van de toenmaals gangbare draaggolfsystemen met buizen werd ontworpen, werden de beginselen van de conclavetechniek ingevoerd. Ook toen werd er gestreefd naar lage aanschaffingskosten, kleine afmetingen en een zo gering mogelijk onderhoud.

Door de toegepaste afdichting wordt de apparatuur volkomen afgesloten van schadelijke uitwendige invloeden, zoals die van vocht en stof. Men dient hierbij te bedenken dat veel apparaten filters bevatten waarvan de karakteristieken steile flanken vertonen en dat daarom de eigenschappen der onderdelen tijdens een levensduur van tientallen jaren binnen zeer nauwe toleranties moeten blijven liggen. Bij een open constructie is men dan veelal gedwongen om filters in dichtgesoldeerde doosjes onder te brengen, hetgeen veel minder eenvoudig is dan het volledig luchtdicht afsluiten van de gehele constructie. Daarbij worden alle onderdelen beschermd, terwijl toch de toegankelijkheid niets te wensen overlaat. *Fig. 1* toont een kanaaleenheid uit het jaar 1954 in deze uitvoering. Van deze eenheid zijn er sindsdien vele tienduizenden gefabriceerd.

In 1953 was de toepassing van de conclaveconstructie nog tot één draaggolfsysteem beperkt. De ermee opgedane ervaringen waren zo gunstig dat deze techniek in de loop der jaren voor alle Philips transmissieapparatuur werd toegepast. De sleutel tot het succes van deze constructie was dat de afdichting voldoende eenvoudig kon worden gehouden om de voordelen van luchtdichtheid zonder extrakosten te verkrijgen. Ze

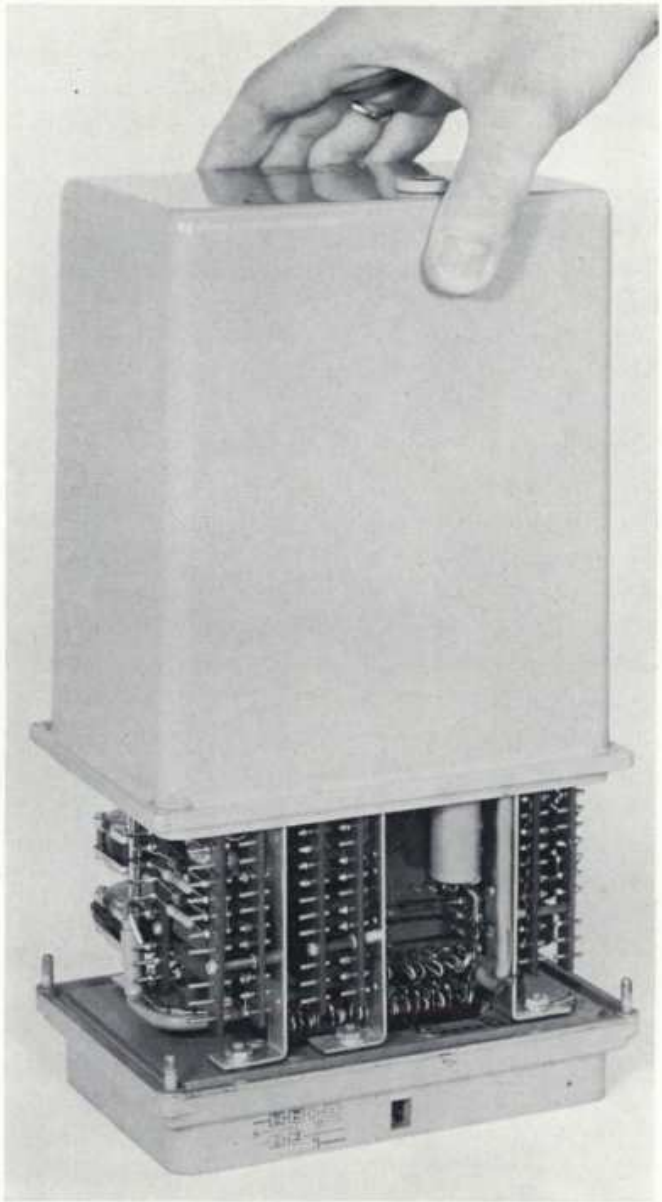


Fig. 1. Met buizen uitgeruste kanaaleenheid uit 1954. Deze bevat de eerste modulatietrap en de laatste demodulatietrap voor een enkel draaggolftelefoniekanaal. Door middel van een rubber ring tussen kap en bodemplaat zijn alle onderdelen, inclusief de buizen, geheel van de buitenlucht afgesloten. De eenheid bevat verder een signaalontvanger.

wordt daarom thans algemeen toegepast, ook waar de klimatologische omstandigheden het op zich zelf niet strikt nodig zouden maken. Men heeft dan het voordeel dat elk apparaat als het ware zijn eigen verpakking met zich meedraagt, iets wat vooral tot uiting komt bij de opslag van reserveapparatuur in het magazijn.

In fig. 1 is ook te zien dat bij de in 1954 gevolgde montagetechniek de verschillende onderdelen met behulp van pennetjes op hardpapieren stroken en platen werden aangebracht. Deze techniek liet reeds een gedeeltelijke mechanisatie van de fabricage toe en gaf het grote voordeel van een goede reproduceerbaarheid van de bedrading. Tevens werd hierdoor de kans op montagefouten en op beschadiging der onderdelen verminderd. Deze bedradingsmethode is zolang toege-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

past totdat er een techniek van gedrukte bedrading was ontwikkeld die voor toepassing in draaggolfsystemen voldoende betrouwbaar werd geacht.

Het zal de lezer niet verwonderen dat wij bij de overgang op de transistortechniek het conclaveprincipe trouw zijn gebleven, ook al moesten alle mechanische onderdelen zonder uitzondering opnieuw worden ontworpen. Bij het onderzoek naar de vraag of de hermetische afsluiting ook hier de gunstigste oplossing bleef, bleek dit zelfs in verhoogde mate het geval te zijn. De transistors oefenen nl. door hun zeer geringe warmteontwikkeling bijna geen drogende werking op hun omgeving uit; anderzijds vragen de zeer dicht bij elkaar liggende sporen van de gedrukte bedrading juist om een zeer goede bescherming tegen stof en vocht.

Zonder te treden in de details van de werking van de draaggolfapparatuur, willen wij thans de kenmerken van de toegepaste techniek aan een aantal voorbeelden duidelijk maken.

Lijnapparatuur

Wij hebben reeds vermeld dat de invoering van transistors het in de eerste plaats bij de lijnapparatuur mogelijk maakte een grote stap voorwaarts te doen, en wel doordat thans de toepassing van ondergrondse versterkers tot de mogelijkheden ging behoren. Dit kan het beste worden geïllustreerd met een concreet voorbeeld: de draaggolfsystemen op symmetrische kabels met papierisolatie. De hiervoor gangbare systemen lieten maximaal 48 of 60 kanalen per aderpaar toe, waarbij de hoogste frequenties op de kabel 204 tot 252 kHz bedroegen en de versterkerafstanden tussen de 15 en 25 km lagen.

Kabels van het genoemde type zijn weinig geschikt om het vermogen voor de voeding van buizenversterkers over te brengen. Elk versterkerstation wordt daarom uitgerust met een nood-voedingsinstallatie, die bij uitvallen van het elektriciteitsnet in werking treedt.

Onderzoekingen bij de Nederlandse PTT [2] hadden echter uitgewezen dat het dikwijls met betrekkelijk eenvoudige middelen mogelijk is de overspreekkwaliteit van de genoemde kabels zodanig op te voeren dat ze tot frequenties van ongeveer 550 kHz kunnen worden gebruikt. Bij een dergelijke hoogste frequentie kunnen 120 kanalen per aderpaar worden geformeerd, m.a.w. de bestaande verkeerscapaciteit zou ten minste kunnen worden verdubbeld. Buizenversterkers zouden daarbij een halvering van de versterkerafstand en een verdubbeling van het aantal stations met noodvoeding vereisen. Dit is, zoals wij reeds uiteenzetten, economisch en uit een oogpunt van exploitatie onaanvaardbaar, en alleen de toepassing van transistorversterkers maakt het mogelijk, de voordelen van de verbreding van de frequentieband uit te buiten.

Gaat men hiertoe over, dan vormt de bepaling van de meest geschikte versterkerafstand een interessant probleem. Bij buizenversterkers streefde men er steeds naar, deze afstand zo groot te maken als met de beschikbare buizen redelijkerwijs mogelijk was, omdat daardoor het aantal kwetsbare en onderhoud vragende versterkerstations tot een minimum kon worden beperkt. Voor ondergrondse transistorversterkers is dit echter geen vraagstuk en moet men van andere overwegingen uitgaan. Men moet zich slechts afvragen wat de meest economische oplossing van het transmissieprobleem in zijn geheel is, en in zijn beschouwingen ook de voorzieningen in de bovengrondse stations met hun voedingsinstallaties en apparatuur voor automatische regeling betrekken. Beschouwt men het probleem op deze wijze, dan blijkt dat men de eigenschappen van transistors het best benut wanneer men niet naar zo groot mogelijke versterkerafstanden streeft, maar het systeem zo dimensioneert dat men met een vrij laag niveau aan de uitgang van de versterker volstaat en daarmee ruim beneden het beschikbare uitgangsvermogen van de transistor blijft. Dit wil dus zeggen dat men dan kleine, ruim gedimensioneerde, versterkers op korte afstanden van elkaar plaatst.

Dit beginsel om vrij korte versterkersecties toe te passen is niet alleen geldig voor het hierboven aangeduide systeem voor 120 kanalen per aderpaar op symmetrische kabels, doch ook voor de systemen op coaxiale kabels die hierna nog ter sprake komen.

De waarde van dit beginsel blijkt o.a. bij beschouwing van het voedingsprobleem. De in Nederland gebruikelijke symmetrische kabels hebben bij 550 kHz een demping van 4,5 dB per km. Voor de versterkers betekent dit dat een vergroting van de versterkerafstand met 700 m een verdubbeling van het beschikbare uitgangsvermogen vraagt. Een versterkerafstand van 8 km zou b.v. een uitgangsvermogen van 25 mW vereisen. Maakt men deze afstand 12 km, dus slechts $1\frac{1}{2}$ maal zo groot, dan moet het uitgangsvermogen 1 W worden, dus 40 maal zo groot.

Bij versterkers die voor praktische toepassing in aanmerking komen is het totale, voor de voeding benodigde, vermogen vrijwel evenredig met het uitgangsvermogen van de eindtrap. Plaatsing van de versterkers op 12 km afstand vraagt dus per versterker 40 maal zoveel vermogen voor de voeding als plaatsing op 8 km, en per km traject $8/12 \times 40 \approx 25$ maal zoveel. Natuurlijk is uiteindelijk slechts de volstrekte waarde van het voedingsvermogen van belang, doch het voorbeeld toont duidelijk aan hoe groot de invloed van de

[2] L. J. E. Kolk, Crosstalk problems in balanced carrier cables at frequencies up to 552 kc/s, Philips Telecomm. Rev. **23**, 167-178, 1962.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

onderlinge versterkerafstand op de dimensionering van de lijnapparatuur is.

Op grond van deze en andere overwegingen is daarom voor het 120-kanaalssysteem besloten tot een versterkerafstand van 8 km, zodat tussen twee bovengrondse versterkerstations — die immers ongeveer 25 km van elkaar liggen — twee versterkerputten worden geplaatst. Volledigheidshalve zij nog vermeld dat elke versterker een vermogen van slechts 0,2 W aan voeding opneemt en dat het totale vermogen dat per put van 24 versterkers wordt gedissipeerd, niet groter is dan 5 W.

Fig. 2 toont een bak waarin de 24 versterkers kunnen worden ondergebracht, te zamen met de nodige apparatuur voor het doorschakelen van dienstlijnen, muziekkanalen, enz. Een dergelijke bak, die in een betonnen put wordt geplaatst, is per kabel equivalent aan een versterkerstation [3].

Door toepassing van deze techniek, die de vrucht is van een zeer nauwe samenwerking tussen de Nederlandse PTT en de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, is het dus mogelijk, de verkeerscapaciteit van een bestaande verbinding ten minste te verdubbelen zonder versterkerstations bij te bouwen en zonder kabels bij te leggen. Daar de kabel meestal de hoogste onkostenpost voor een lijnverbinding is, mag de beschreven methode wel bijzonder economisch worden genoemd. In Nederland zijn voor het net van draaggolftelefonieverbindingen bijna uitsluitend kabels gebruikt die voor deze techniek geschikt zijn. Men is op het ogenblik bezig, de capaciteit van dit net met een factor $2\frac{1}{2}$ te vergroten door over te gaan van het 48- op het 120-kanaalssysteem [4].

Eindapparatuur, in het bijzonder voor coaxiale systemen

De individuele telefoniekanalen worden naar hun definitieve plaats in de frequentieband gebracht door een modulatie in enige trappen; hierbij worden de kanalen in pakketten van steeds toenemende grootte gebundeld, die verder als één geheel worden behandeld. Men onderscheidt primaire groepen van twaalf kanalen, secundaire van 60 kanalen, tertiaire van 300 kanalen en quaternaire van 900 kanalen. Een secundaire groep wordt gevormd door samenvatting van vijf primaire groepen, een tertiaire uit vijf secundaire, en een quaternaire uit drie tertiaire.

Dit systeem van modulatie in trappen is niet slechts nodig om technische redenen die door de filterconstructies worden bepaald, doch ook om het aantal typen apparaten dat voor de opbouw van een systeem nodig is, te beperken. Het maakt het ook mogelijk, het aantal apparatentypen te beperken dat voor de opbouw van een gehele familie van systemen, zoals wij die reeds aanduidden, nodig is.

Het C.C.I.R. (Comité Consultatif International de Radiocommunications) en het C.C.I.T.T. (Comité Consultatif International pour la Télégraphie et la Téléphonie) hebben in onderlinge samenwerking de liggingen der frequentiebanden genormaliseerd en voor kabel- en radiotransmissiesystemen aan elkaar gelijk gemaakt. Een zelfde normalisatie is ook bereikt voor zover het de ingangsniveaus betreft. Hierdoor kan een bepaald type eindapparatuur naar believen voor transmissie over kabels of via straalverbindingen worden gebruikt en kunnen apparatuurgedeelten van verschillende fabrikaten zonder moeilijkheden samenwerken. Het is daarbij een gelukkige omstandigheid dat de ontwikkeling der draaggolfsystemen voor kabel- en straalverbindingen, voor zover het hun kanaalcapaciteit betreft, vrijwel gelijk op is gegaan.

Wij hebben er reeds op gewezen dat in de eindapparatuur voor elk kanaal een individuele eenheid, de zg. kanaaleenheid, aanwezig is. Deze eenheden komen dus in grote aantallen voor, doch de daarin toegepaste frequenties komen bij het door het door Philips toegepaste systeem van modulatie nooit hoger dan 36 kHz. Als tegenpool van deze kanaaleenheid mogen we de quaternaire groepsmodulator noemen, die een pakket van 900 kanalen moduleert en slechts eenmaal per 900 kanalen voorkomt. De band van frequenties die door deze modulator wordt getransponeerd heeft een breedte van 3,8 MHz; de transpositie vindt plaats binnen het gebied dat zich uitstrekt van 300 kHz tot 12,4 MHz. Aan de elektrische eigenschappen van een dergelijke eenheid worden begrijpelijkerwijs geheel andere eisen gesteld dan aan die van de kanaaleenheid. De compactheid die de conclavetechniek kenmerkt is zeer gunstig voor het genoemde gebied van zeer hoge frequenties. Uiterlijk verschilt een dergelijke quaternaire groepsmodulator van een kanaaleenheid doordat op de aansluitblokken enkele coaxiale stekers voorkomen. Zoals in *fig. 3* is te zien, zijn de gedrukte platen met hun onderdelen in verzilverde messing doosjes ondergebracht. Deze doosjes moeten worden gezien als een logische voortzetting van de structuur van het coaxiale geleiderpaar. Zij vormen een afdoend middel tegen het overspreken, dat bij minder systematische opbouw van de apparatuur bij hoge frequenties dreigt op te treden.

---

[3] J. Metz, B. H. Wijnen en A. Timmer, Underground cases containing repeaters for multiquad carrier cables, Philips Telecomm. Rev. **23**, 179-185, 1962.

[4] D. van den Berg en A. P. Bolle, Recent and future developments in the field of line transmission, Het PTT-bedrijf **10**, 172-178, 1960/61;
G. H. Bast, Widening the frequency band of carrier cables, Philips Telecomm. Rev. **23**, 100-102, 1962;
A. P. Bolle, Sie Swan An, J. H. Duimelaar en J. F. Lansu, Transistorized line equipment for a 120-channel carrier telephone system, Philips Telecomm. Rev. **23**, 103-121, 1962.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

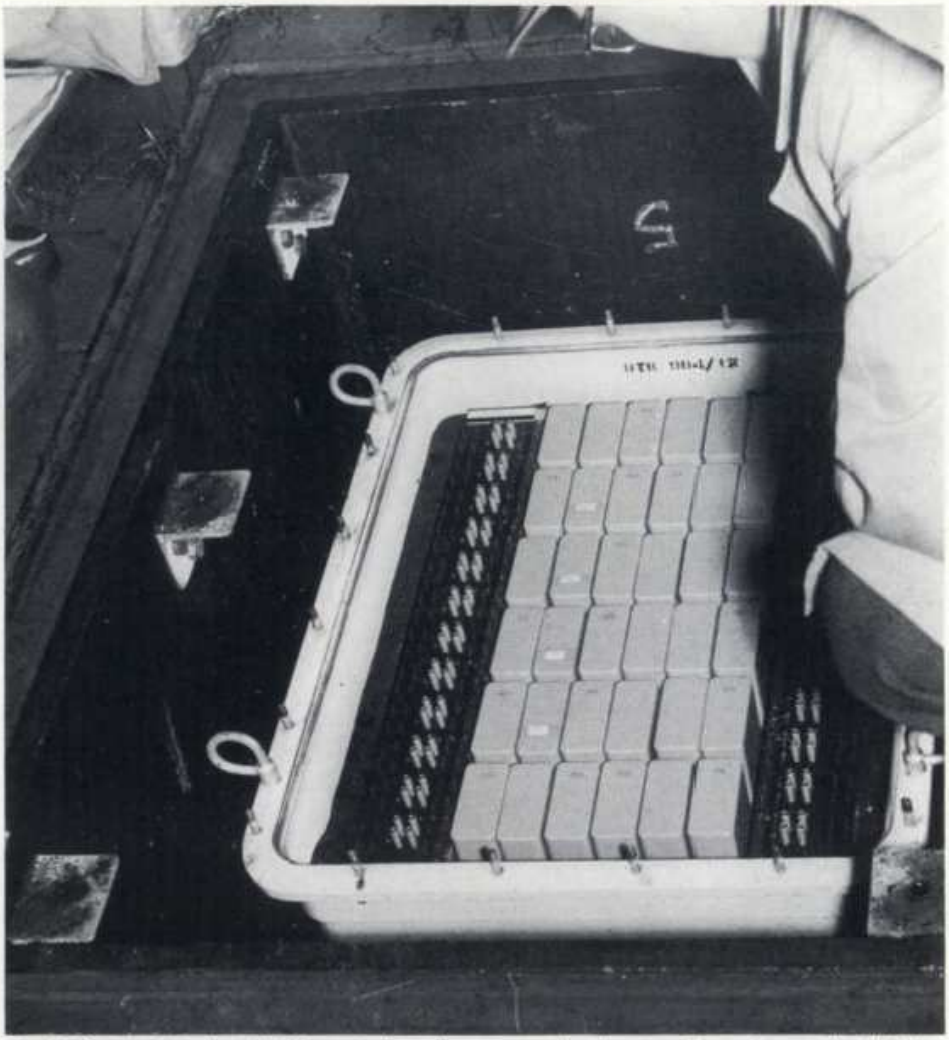


Fig. 2. Getransistoriseerde lijnversterkers kunnen zonder bezwaar in ondergrondse bakken worden geplaatst. De foto toont een bak voor 24 versterkers, geschikt voor een draaggolfkabel met 24 aderparen.

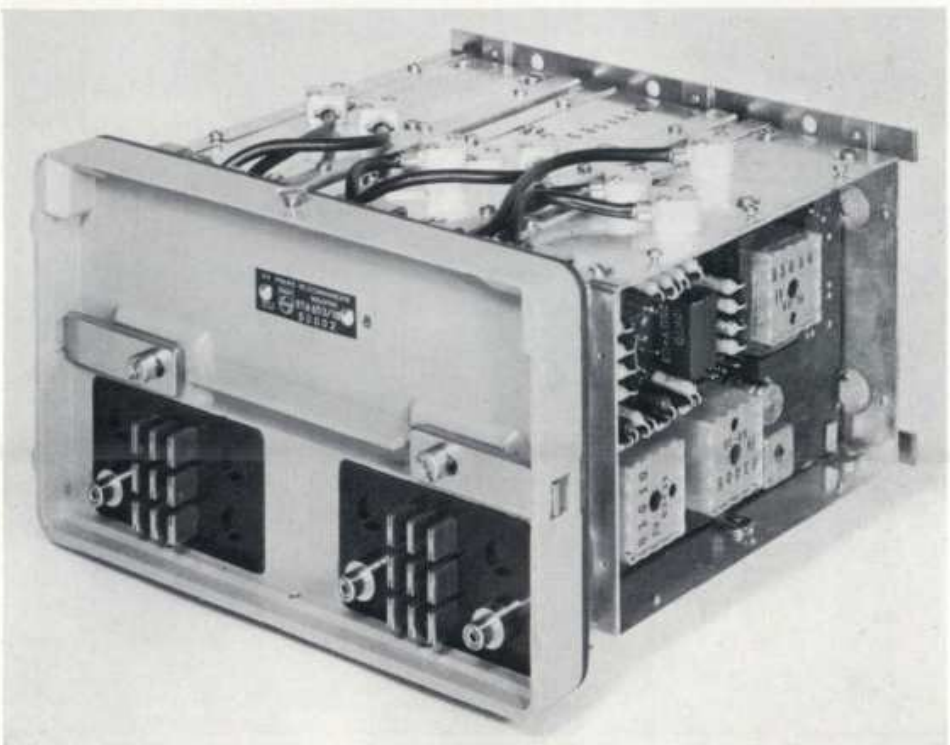


Fig. 3. Quaternaire groepsmodulator in conclavetechniek. De beschermkap is verwijderd. Van een van de verzilverde messing doosjes waarin de onderdelen zijn gemonteerd, is het deksel afgenomen. De doosjes vormen een voortzetting van de buitenmantel van de coaxiale kabel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

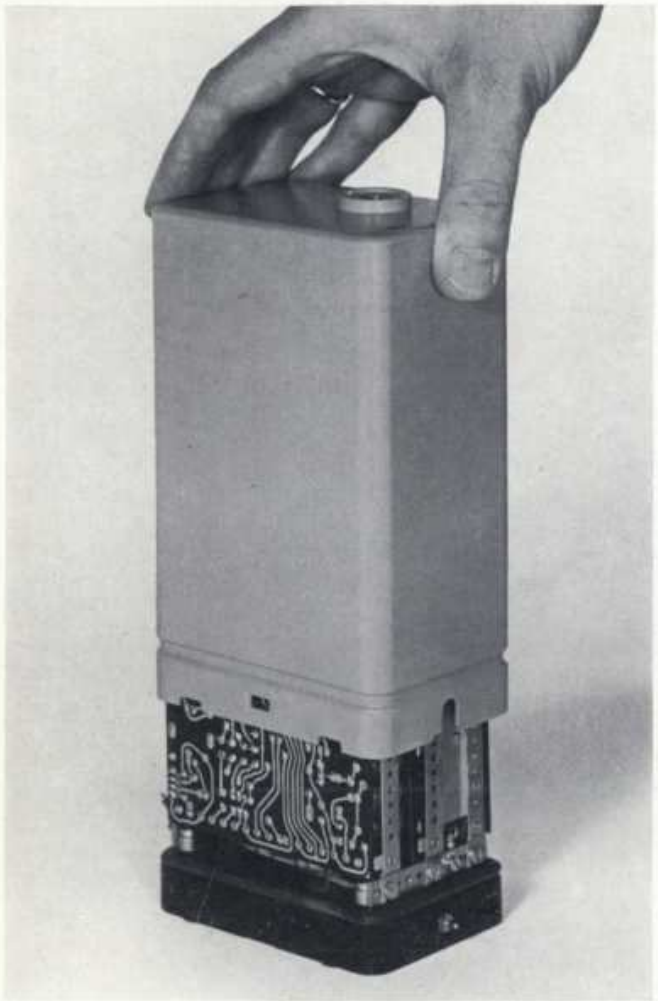


Fig. 4. Getransistoriseerde kanaaleenheid uit 1963. Door toepassing van gedrukte bedrading en aanpassing van de onderdelen aan de eigenschappen van de transistor zijn de afmetingen, vergeleken met die van de eenheid van fig. 1, aanzienlijk verkleind.

Doordat zowel voor hoge als voor lage frequenties dezelfde constructie kan worden toegepast, wordt een eenvormigheid van uiterlijk verkregen die niet alleen esthetisch aangenaam is, maar bovenal bij installatie, onderhoud en uitbreidingswerkzaamheden een groot gemak oplevert.

De kanaaleenheid

In de kanaaleenheid zijn de eerste modulatietrap en de laatste demodulatietrap van het modulatieschema ondergebracht. Door de grote aantallen waarin deze eenheden voorkomen is een in alle opzichten doordachte uitvoering van het grootste belang. *Fig. 4* toont een kanaaleenheid in de modernste uitvoering in half geopende toestand. Hoe het volume der kanaaleenheden sinds 1946 is verkleind, is in *fig. 5* te zien. In 1946 konden op één zijde van een rek van een modern systeem 12 kanaaleenheden worden geplaatst, thans zijn dit er 96 tot 120.

De zeer compacte bouwwijze van de kanaaleenheid van fig. 4 is o.a. mogelijk geweest doordat aan alle onderdelen zoveel mogelijk dezelfde hoogte is gegeven. Zonder montagemoeilijkheden op te leveren, laat dit beginsel een zeer goede benutting van de ruimte toe. De gedrukte bedrading op de montageplaten is speciaal voor deze toepassing ontwikkeld. Invoering van gedrukte bedrading heeft aanzienlijk bijgedragen tot de verhoging van de betrouwbaarheid van de apparatuur. De juiste verbindingen tussen de onderdelen komen thans immers automatisch tot stand, terwijl de kans op slechte soldeerplaatsen veel kleiner is dan bij de beste bandmontage.

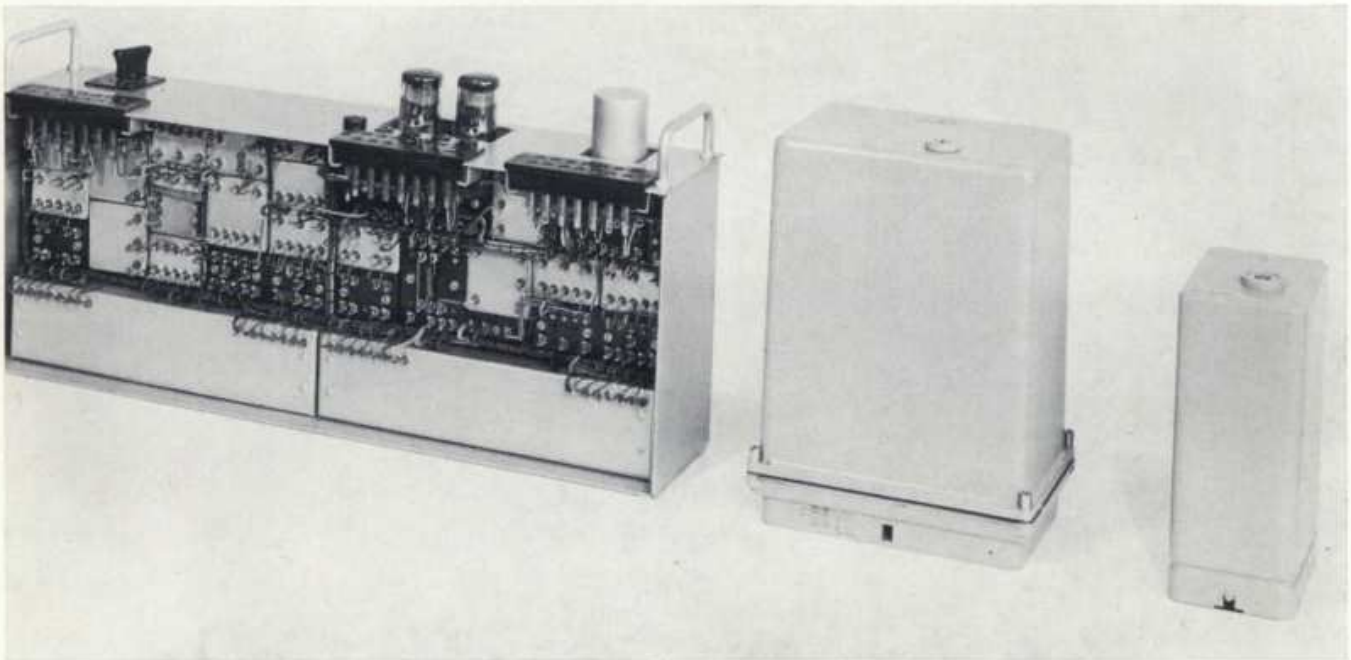


Fig. 5. Kanaaleenheden uit 1946, 1954 en 1963. De eerste twee zijn uitgerust met buizen, de laatste met transistors. In de eenheid uit 1946 zijn de onderdelen nog open opgesteld, de laatste twee eenheden volgen de conclavetechniek.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 6 toont twee kanaalmodulatierekken, elk met een complete bezetting van 96 kanaaleenheden en enige hulpapparatuur, zoals een meetpaneel en enkele voedingseenheden die gestabiliseerde spanningen leveren.

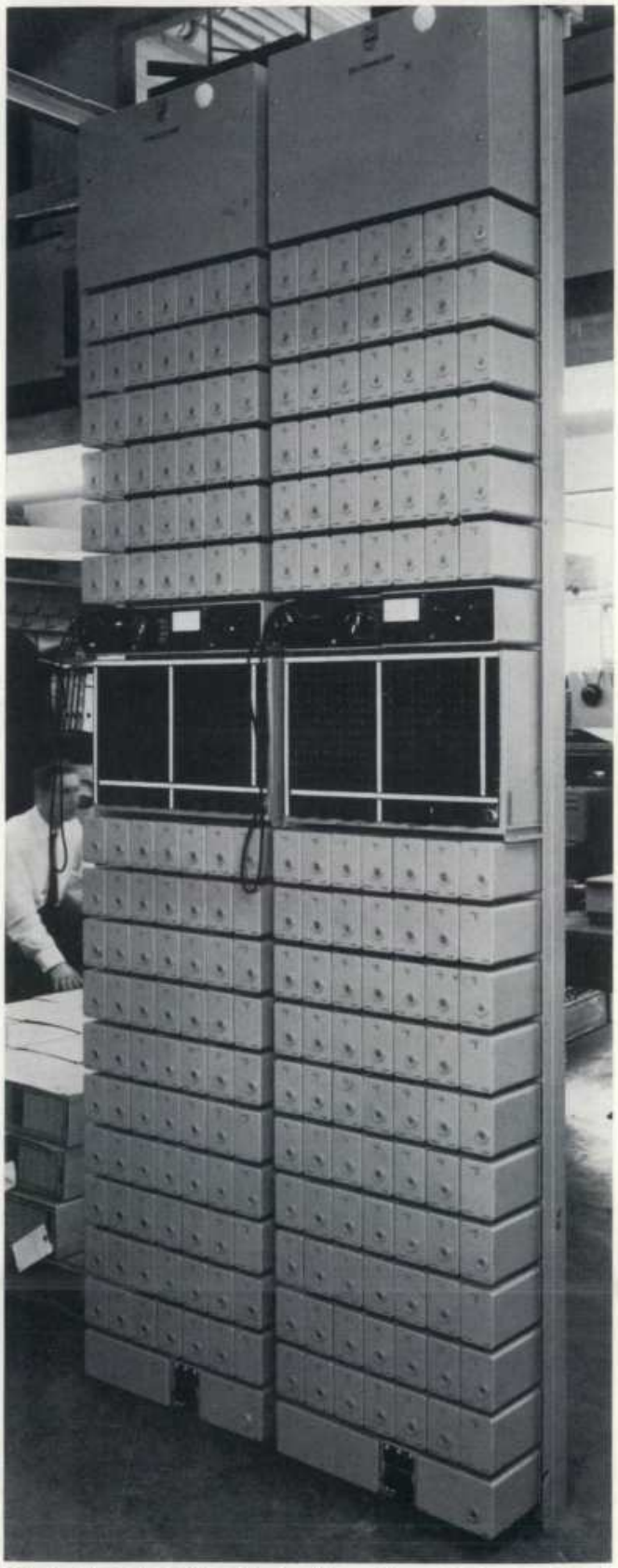


Fig. 6. Twee kanaalmodulatierekken, elk met 96 getransistoriseerde kanaaleenheden. Behalve de kanaaleenheden zijn op het rek nog een meetpaneel en enkele voedingseenheden gemonteerd.

Systemen voor coaxiale kabels

Doordat bij coaxiale kabels de overspreekeigenschappen bij hogere frequenties steeds gunstiger worden, begrenzen hiervoor in feite slechts de versterkers het aantal kanalen per aderpaar. Tien jaar geleden hielden de aanbevelingen van het CCIF (tegenwoordig CCITT) slechts rekening met draaggolfsystemen met een capaciteit van ten hoogste 960 kanalen op een genormaliseerd type coaxiale kabel. De afstand tussen de buizenversterkers bedroeg daarbij nominaal 9,6 km. Later werden de aanbevelingen uitgebreid tot een systeem met 2700 kanalen, met een versterkerafstand van 4,8 km. Een dergelijke korte versterkerafstand is voor buizenversterkers een nauwelijks aanvaardbare oplossing, vooral omdat, zoals hiervoor uiteengezet, de voeding van de versterkers over de kabel grote technische problemen opwerpt. Uit een oogpunt van exploitatie zijn echter systemen voor 2700 kanalen per coaxiaal aderpaar voor hoofdverkeersaders tussen grote steden zeer aantrekkelijk.

Ook voor coaxiale kabels heeft de transistorisatie van de lijnversterkers nieuwe perspectieven geopend. Door het onderbrengen van het grootste deel der versterkerstations in ondergrondse bakken wordt de prijs van de lijnapparatuur per kilometer tot minder dan de helft verlaagd en worden de totale transmissiekosten aanzienlijk minder.

Door deze verschuiving in de verhouding tussen de kosten voor de kabel en voor de lijnapparatuur kreeg het ook zin, een tweede type coaxiaal geleiderpaar te introduceren, ten einde daarmee een minimum te bereiken in de transmissiekosten per kilometer. Deze „kleine" coaxiale kabel heeft „pijpen" met een binnendiameter van de buitengeleider van 4,4 mm, en een demping die 2,2 maal zo groot is als bij de normale coaxiale kabel met een binnendiameter van 9,5 mm voor de buitengeleider. Transistor-draaggolfsystemen voor 300 kanalen zijn thans reeds op dit nieuwe kabeltype in werking.

Inmiddels heeft het CCITT reeds aanbevelingen opgesteld voor systemen tot 1200 kanalen op dit type kabel. Bij Philips is op het ogenblik een dergelijk systeem in ontwikkeling; het zal binnenkort op een proeftraject worden geïnstalleerd. Bij de keuze van de versterkerafstand zijn in beginsel dezelfde overwegingen in acht genomen als hierboven voor het 120-kanaalssysteem werden genoemd. Er werd dus niet gestreefd naar een zo groot mogelijke versterkerafstand, maar naar een optimale totale oplossing.

In dit verband willen wij een technisch probleem vermelden waaraan wij tot nu toe zijn voorbijgegaan, nl. dat van de automatische regeling van de lijndemping. Men zal het belang hiervan zonder moeite inzien wanneer men bedenkt welke enorme dempingen door de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

versterkers worden gecompenseerd. Bij een kabeldemping van 10 dB per km bedraagt voor een afstand van 100 km, zoals b.v. die tussen Hilversum en Eindhoven, de totale demping 1000 dB, hetgeen overeenkomt met een vermogensverhouding van $1:10^{100}$. Nemen we aan dat in een dergelijk traject 33 versterkers met een versterking van 30 dB op onderlinge afstanden van 3 km worden aangebracht, dan zal een systematische fout van slechts 0,5 dB per versterker reeds een totale dempingsafwijking van 15 dB kunnen veroorzaken. Verder heeft de kabeldemping een temperatuurcoëfficiënt van 2×10^{-3} per graad Celsius. Een temperatuurvariatie van ±10 °C, die zich in de loop van een jaar normaliter voordoet, leidt dus zonder tegenmaatregelen bij een traject van 100 km tot een dempingsvariatie van ±20 dB.

Neemt men hiernaast in aanmerking dat volgens de door het CCITT opgestelde normen een draaggolfsysteem zo moet zijn ontworpen dat daarmee afstanden tot 2500 km kunnen worden overbrugd, dan blijkt wel dat aan de reproduceerbaarheid en de stabiliteit van de versterkers zeer hoge eisen worden gesteld. Daarnaast zijn maatregelen ter compensatie van variaties in de kabeldemping en in de versterking onontbeerlijk. Het complex van deze maatregelen wordt samengevat onder de verzamelnaam van automatische regeling.

Keren we terug naar de vraag wat hier de meest geschikte versterkerafstand is, dan zullen we natuurlijk de automatische regeling in de beschouwing moeten betrekken. Laten we technische details achterwege, dan vermelden we, dat als optimale versterkerafstand voor systemen van 1200 kanalen op de kleine coaxiale kabel 3 km werd gekozen. De grootste afstand tussen twee bovengrondse stations van waar uit de tussengelegen ondergrondse versterkers kunnen worden gevoed, is voor dit systeem 100 km. Bij deze configuratie kon voor de automatische regeling een geheel nieuwe oplossing worden gekozen, die toelaat de gecompliceerde apparatuur geheel tot de bovengrondse stations te beperken en de structuur van de ondergrondse stations zeer eenvoudig te houden. De beperking van de sectiedemping maakte het bovendien mogelijk, een zekere niveaumarge ter beschikking van de regeling te houden en het aantal geregelde versterkers per traject te verminderen. De gekozen oplossing is niet gebonden aan een bepaald type coaxiale kabel, evenmin als aan de kanaalcapaciteit van het systeem. Ze betekent een principiële verbetering van de coaxiale techniek, daar hierin voor de automatische regeling in feite nog geen in alle opzichten bevredigende oplossing bestond. Men kan zeggen dat de thans gevonden oplossing door de invoering van de transistor mogelijk is geworden.

Het zal na het bovenstaande geen verwondering baren dat thans ook een getransistoriseerd 2700-kanaalssysteem voor het grote type coaxiale kabel in ontwikkeling is genomen.

Slotbeschouwingen

Men kan zich afvragen of het mogelijk of wenselijk zal zijn, draaggolfsystemen met nog meer dan 2700 kanalen per aderpaar te gaan exploiteren. Tot dusverre werd de grens door de technische mogelijkheden gesteld. Het aantal van 2700 kanalen was voor buizensystemen bepaald door de kleinste versterkerafstand die in de praktijk nog aanvaardbaar was. Bij transistorsystemen moeten de versterkerafstanden op zichzelf wel wat kleiner zijn dan bij gebruik van buizen, doch deze afstand is hier van secundair belang. Daar door de vooruitgang van de transistortechniek de bandbreedte der versterkers in de toekomst ongetwijfeld steeds groter zal kunnen worden, zullen systemen voor 10 000 kanalen ongetwijfeld binnen afzienbare tijd tot de technische mogelijkheden behoren. De grens zal slechts door de verkeersbehoefte worden bepaald. Aangezien de vraag naar lange-afstands-telefonieverbindingen met 10 tot 20% per jaar toeneemt, terwijl bovendien datatransmissie en de overbrenging van televisieprogramma's veel verkeerscapaciteit zullen opeisen, mag verwacht worden dat de bovengrens van de frequentieband nog sterk omhoog zal gaan. De gedachten gaan hierbij reeds naar de mogelijkheden van de toepassing van golfpijpen, die in principe geschikt zijn om enige honderdduizenden kanalen per pijp over te brengen. De praktische toepassing van deze techniek stuit echter vooralsnog op onoverkomelijke moeilijkheden, terwijl, zoals hierboven is beschreven, de mogelijkheden van de coaxiale kabel en de straalverbinding nog lang niet ten volle zijn uitgebuit.

Behalve de totale verkeersbehoefte is natuurlijk de verdeling van het verkeer van invloed. Deze is b.v. sterk afhankelijk van de geografische omstandigheden.

In landen als Nederland en België geeft de geografische situatie aanleiding tot de vorming van een vrij dicht maasvormig telefoonnet met bundels van matige grootte. Hier zal men pas later de behoefte gaan voelen aan systemen met zeer grote aantallen kanalen per aderpaar dan in een land als Denemarken, waar het hoofdnet meer stervormig is opgebouwd.

Wij maakten zojuist gewag van de mogelijkheid, de coaxiale kabels niet alleen voor telefonieverkeer te gebruiken, doch ook voor datatransmissie en voor de overbrenging van televisieprogramma's. De ontwikkeling van de datatransmissie verkeert nog in een beginstadium, hetgeen niet van de televisie kan worden gezegd. Dat de coaxiale kabel nog betrekkelijk weinig voor de overbrenging van televisieprogramma's is gebruikt, ligt ten dele aan de omstandigheid dat deze overbrenging enkele bijzondere technische problemen schept,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

die eerst recentelijk geheel zijn opgelost, en ten dele aan het feit dat bij een coaxiale kabelverbinding met het projecteren en in werking stellen veel meer tijd is gemoeid dan bij een straalverbinding. Naarmate het net van coaxiale kabels zich echter uitbreidt, zal het zowel voor de televisie als voor het telefoonverkeer voordelig worden, tot een gecombineerde exploitatie over te gaan. Dan kan men ook met voordeel gebruik maken van de omstandigheid dat de verhoging van het aantal pijpen per kabel de rentabiliteit ten goede komt. Voor een dergelijke gecombineerde exploitatie is het echter nodig dat de lijnapparatuur voor beide typen transmissie geschikt is. Met dit punt is b.v. bij het ontwerp van het eerder genoemde 1200-kanaalssysteem voor het kleine type coaxiale kabel van de aanvang af rekening gehouden.

Als laatste onderwerp willen wij in onze slotbeschouwing de draaggolfsystemen voor zeer korte afstanden betrekken. De systemen die wij tot zover besproken hebben zijn alleen economisch bij afstanden van meer dan enige tientallen kilometers, daar anders de kosten van de eindapparatuur, gerekend per km kabel, te zwaar gaan wegen. Verreweg het grootste gedeelte van het telefoonverkeer vindt echter plaats over afstanden kleiner dan 20 km, zodat al vele jaren wordt gezocht naar een draaggolfsysteem dat bij voorbeeld bij een afstand van 10 km met een laagfrequentverbinding kan concurreren. Het is gebleken dat men hiervoor een andere modulatiemethode moet toepassen. Bij de huidige stand van de techniek schijnen gecodeerde pulsmodulatiesystemen, zoals pulscodemodulatie en deltamodulatie [5], de meeste kans van slagen te hebben. Hoewel dergelijke systemen hier en daar, voornamelijk in de V.S., reeds in werking zijn, kan toch niet worden gezegd dat de techniek nu ver genoeg is gevorderd om een algemene toepassing economisch verantwoord te doen zijn. Wellicht zal de oplossing worden gebracht door nieuwe technologieën die het mogelijk zullen maken om elektrische schakelingen, compleet met alle onderdelen, als één „component" in zeer compacte vorm te fabriceren.

Samenvatting. Wanneer in een draaggolftelefoniesysteem de buizen door transistors worden vervangen, moet het gehele onderdelenpakket aan deze verandering worden aangepast. Bij de constructieve herziening der Philips draaggolftelefoniesystemen is het zg. conclaveprincipe, dat oorspronkelijk voor buizensystemen was ontwikkeld en waarbij alle onderdelen van een systeemeenheid luchtdicht worden opgesloten, aangehouden.

Transistorisering maakt een compactere bouw van de apparatuur mogelijk. Voorts komen de vrijwel onbegrensde levensduur en het geringe verloop van de transistoreigenschappen met de tijd tegemoet aan de eis van een zo gering mogelijk onderhoud. De voordelen van de toepassing van transistors springen vooral in het oog bij de zg. lijnversterkerapparatuur voor symmetrische en coaxiale draaggolfkabels. De grote betrouwbaarheid van transistors maakt het mogelijk, de versterkers mèt de kabel in de grond te begraven, terwijl het geringe energieverbruik en de lage voedingsspanning de gelegenheid scheppen, de versterkers op eenvoudige wijze over de kabel te voeden, en de noodstroomvoorzieningen in enkele bovengrondse stations te concentreren. Hierdoor is het technisch mogelijk, de versterkers op zeer korte afstand van elkaar te plaatsen en zo de grote dempingen te compenseren die optreden wanneer men ter vergroting van het aantal draaggolfkanalen per kabeladerpaar de bovengrens van de gebruikte frequentieband steeds verder omhoogbrengt. Door de sterk verlaagde kosten per versterker is het economisch, de versterking per sectie minder hoog op te voeren dan bij buizensystemen. Een deel van de zo gewonnen niveaumarge is daarbij ten goede gekomen aan de verbetering en vereenvoudiging van de automatische regeling van de versterking.

---

[5] J. F. Schouten, F. de Jager en J. A. Greefkes, Deltamodulatie, een nieuw modulatiesysteem voor telecommunicatie, Philips techn. T. **13**, 249-258, 1951;
F. de Jager, Delta modulation, a method of P.C.M. transmission using the 1-unit code, Philips Res. Repts. **7**, 442-466, 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Companders met hoge graad van compressie der niveauvariaties op telefonieverbindingen

J. A. Greefkes, P. J. van Gerwen en F. de Jager

621.395.665.1

Inleiding

Er bestaan tegenwoordig geen technische beletselen meer om tussen twee naar believen te kiezen punten op aarde een telefonische verbinding tot stand te brengen. Voor zo'n verbinding kan de inschakeling van transmissiesystemen van zeer uiteenlopend karakter noodzakelijk zijn. Wij onderscheiden deze in de hoofdcategorieën van radio- en kabeltransmissiesystemen.

De akoestische trillingen die bij het spreken ontstaan worden door de microfoon in elektrische trillingen omgezet. Door de natuurlijke dynamiek van het gesproken woord, en verder doordat vele sprekers geen constante afstand tot de microfoon bewaren, kan de amplitude dezer elektrische trillingen zeer uiteenlopende waarden hebben. Voegen wij daar nog bij dat de demping der lijnen waarmee individuele telefoonaansluitingen op hun centrales zijn aangesloten, binnen wijde grenzen kan variëren, dan is het duidelijk, dat het spraakniveau op transmissieverbindingen alles behalve constant kan worden genoemd.

Grote niveauvariaties kunnen op de hoedanigheid van telefonieverbindingen een zeer ongunstige invloed hebben. Zo kunnen radioverbindingen soms een hoog ruisniveau vertonen. Het behoeft geen betoog dat dan een laag spraakniveau de verstaanbaarheid snel tot nul kan reduceren. Anderzijds kunnen bijzonder hoge spraakniveaus bij radiozenders aanleiding geven tot het in werking treden van de begrenzer die, vóór de zender geschakeld, deze tegen overbelasting moet beveiligen. Dit heeft dan als gevolg dat de spraak ernstig wordt vervormd. In systemen voor meervoudige telefonie op kabels kunnen hoge niveaus aanleiding geven tot overspreken tussen de verschillende kanalen, welk overspreken dan nog verstaanbaar of onverstaanbaar kan zijn. In het laatste geval uit het zich als een verhoging van het ruisniveau.

Ook zonder dat wij in het bovenstaande volledig zijn geweest, zal het duidelijk zijn dat men naar middelen heeft gezocht om grote niveauschommelingen op telefonieverbindingen tegen te gaan. Tot deze middelen behoort ook het gebruik van zg. companders. Het woord is een samentrekking van de Engelse woorden „compressor" en „expander" en duidt op een combinatie van twee schakelingen waarvan de ene, aan het begin van een verbinding geplaatst, de niveauschommelingen vermindert, ze dus als het ware comprimeert, terwijl de andere, aan het eind geplaatst, de niveauvariaties tot hun oorspronkelijke waarde terugbrengt en ze dus weer expandeert.

Een van de redenen waarom men de compressor door een expander laat volgen is dat men door het herstellen van de oorspronkelijke dynamiek van de spraak deze zijn natuurlijkheid teruggeeft. Voorts vereist de stabiliteit van telefoonverbindingen waarin door vorken afgesloten vierdraadsgedeelten voorkomen, dat de totale versterking in elk der transmissierichtingen van het vierdraadsdeel zo constant mogelijk is. Een compressor is echter in wezen een schakeling met een veranderlijke versterking en zou dus aanleiding geven tot instabiliteit van de verbinding, als men hem niet liet volgen door een schakeling waarvan de versterking juist in complementaire zin varieert, d.w.z. door een expander.

In het hier gegeven overzicht zijn alle companders beschreven als werkende in de band der natuurlijke spraakfrequenties. Deze methode is gekozen omdat daardoor een eenvoudiger vergelijking der verschillende principes mogelijk is. Daarmee vervalt echter de mogelijkheid om de praktische bruikbaarheid der verschillende oplossingen met elkaar te vergelijken. In werkelijkheid komen de specifieke voordelen van sommige oplossingen namelijk pas naar voren wanneer ze worden toegepast op een spraaksignaal dat naar hogere frequenties is getransponeerd. Zo was het beginsel van de in dit artikel beschreven loodscompander van Ensink en Verhagen, toegepast op een laagfrequent spraaksignaal, reeds uit de octrooiliteratuur bekend. Op de bijzondere voordelen die bij verschuiving van de band van spraakfrequenties naar boven ontstaan kon echter binnen het bestek van dit artikel niet worden ingegaan.

Algemene eigenschappen van companders

Voor de compressor zowel als voor de expander geldt, dat het verband tussen ingangs- en uitgangsspanning niet lineair is. Voor de compressor kan het gewenste verband tussen ingangsspanning x en uitgangsspanning y in vele gevallen worden gegeven door een betrekking van de vorm $y = \sqrt[n]{x}$, waarbij $n > 1$. In *fig. 1* zijn de in het eerste kwadrant liggende delen der krommen $y = \sqrt{x}$ en $y = \sqrt[3]{x}$ weergegeven, te zamen met de lineaire karakteristiek $y = x$. Uit deze

J. A. Greefkes, P. J. van Gerwen en Ir. F. de Jager, medewerkers van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

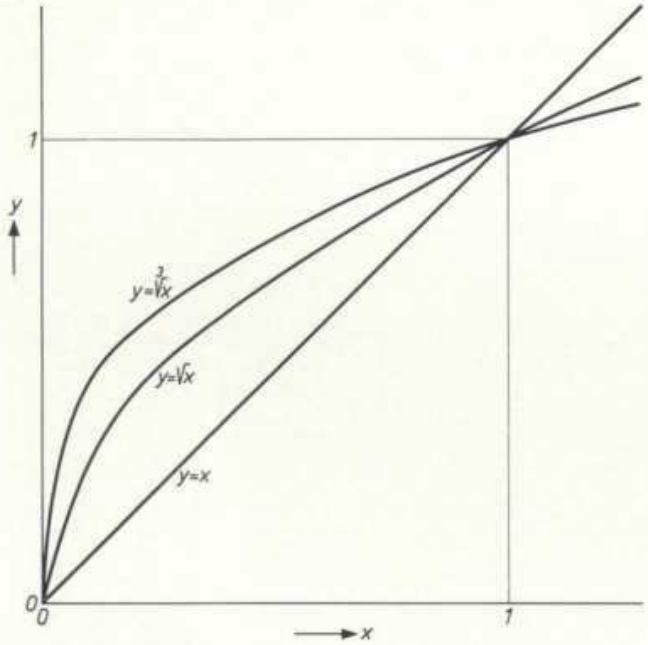


Fig. 1. Vergelijking van een tweetal compressiekrommen van het type $y = \sqrt[n]{x}$ met een lineaire karakteristiek $y = x$.

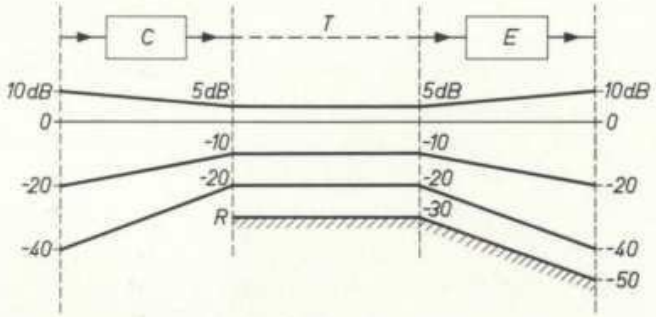


Fig. 2. Schematische voorstelling van de verbetering van de signaal-ruis-verhouding die door middel van een compander kan worden verkregen. *C* compressor; *T* transmissieweg; *E* expander; *R* ruisniveau.

figuur blijkt duidelijk dat voor kleine waarden van de ingangsspanning de uitgangsspanning hoger ligt dan bij de lineaire karakteristiek, terwijl bij hoge spanningen het omgekeerde het geval is. Dit effect treedt des te geprononceerder op naarmate n groter is.

Voor krommen van de boven aangegeven vorm $y = \sqrt[n]{x}$ geldt dat, wanneer men bij twee verschillende ingangsspanningen x_1 en x_2 de bijbehorende uitgangsspanningen y_1 en y_2 bepaalt, de betrekking bestaat: $\log y_2 - \log y_1 = (\log x_2 - \log x_1)/n$. Dit betekent dat de niveauverschillen aan de uitgang, gemeten in decibels, steeds een factor n kleiner zijn dan die aan de ingang. Compressors waarvoor $n = 2$, noemt men daarom algemeen factor-2-compressors. Om praktische redenen is men bij de tot dusver toegepaste companders niet verder dan tot een factor 2 gegaan, doch het is duidelijk dat hogere compressiefactoren de storingsonderdrukkende werking van de compander aanzienlijk zouden verbeteren.

Met behulp van *fig. 2* kan men zich een beeld vormen van de werking van de combinatie van een compressor en een expander. Er is aangenomen dat, vergeleken met een zeker referentieniveau dat op het schema als nulniveau is aangeduid, het spraaksignaal aan de ingang van de compressor variëert van +10 tot —40 dB. Voor het nulniveau hebben zowel de compressor als de expander een demping nul, zodat geen niveauverandering wordt teweeggebracht. Voor afwijkende niveaus reduceert de compressor, die als factor-2-compressor is gedacht, de afwijkingen tot de helft.

Een totale niveauvariatie van 50 dB aan de ingang is veelal wel de grootste waarvoor de goede werking van een compressorschakeling nog kan worden verzekerd. De compressor brengt deze dan terug tot een variatie van 25 dB. Het hoogste niveau is daarbij tot +5 dB gereduceerd, hetgeen van belang is met het oog op het optreden van vervormings- of overspreekverschijnselen, terwijl het laagste niveau, dat aanvankelijk, bij een waarde van —40 dB, onder de ruisdrempel van —30 dB van de transmissieweg lag, er thans, bij een waarde van —20 dB, een afstand van 10 dB boven is komen te liggen.

Bij de expansie in *E* worden de oorspronkelijke spraakniveaus gereconstrueerd. Wat de ruisdrempel betreft, deze zal slechts bij afwezigheid van spraak op de aangegeven wijze worden omlaaggedrukt. Is er een spraaksignaal aanwezig, dan wordt de versterking die de expander levert, bepaald door dit spraaksignaal. Het niveauverschil tussen spraak en ruis ondergaat daarbij geen verandering. Daar dit niveauverschil door de compressor reeds in gunstige zin was beïnvloed, zal men aan de ontvangzijde tijdens het spreken weinig last van de ruis hebben. Tijdens de „stille" passages wordt het ruisniveau door de expander extra verlaagd, zodat de luisteraar de indruk krijgt van een bijzonder stille verbinding.

Zou men een compressie met een factor 3 hebben toegepast, dan zou het laagste ingangsniveau van —40 dB aan de uitgang van de compressor op —13,3 dB zijn komen te liggen, d.w.z. 16,7 dB boven de ruisdrempel in plaats van 10 dB.

Zowel bij de compressor als bij de expander brengt men de niveauregeling tot stand door aan een schakeling met variabele demping een regelsignaal toe te voeren. Dit regelsignaal verkrijgt men door op een geschikt gekozen punt een deel van de spraakenergie af te tappen en na versterking gelijk te richten en af te vlakken. Dit gelijkgerichte signaal laat men vervolgens een laagdoorlatend filter passeren alvorens het als regelsignaal te gebruiken. Hoe hoger de afsnijfrequentie van dit filter ligt, des te sneller zal de regeling de niveauvariaties van het spraaksignaal volgen.

De keuze van de zojuist genoemde afsnijfrequentie is daarom van belang omdat bij de niveauregeling in de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

compressor harmonischen van de spraakfrequenties worden opgewekt, die weliswaar in de expander weer worden geëlimineerd, doch die over de transmissieweg moeten worden overgebracht. Bij een hoge afsnijfrequentie, d.w.z. bij een snelwerkende compander, betekent dit dat de totale frequentieband die moet worden overgebracht, aanzienlijk breder wordt dan die welke het spraaksignaal zelf in beslag neemt. Voor meervoudige draaggolftelefoniesystemen, waarin voor elk kanaal een beperkte frequentieband ter beschikking staat, zal men daarom langzaam werkende companders kiezen en de afsnijfrequentie voor het regelsignaal onder de laagste over te brengen spraakfrequentie leggen. Staat echter voor de overbrenging een ruime frequentieband ter beschikking, zoals b.v. bij systemen voor impulscodemodulatie, dan kan toepassing van snelle regeling tot vereenvoudiging van de apparatuur leiden [1].

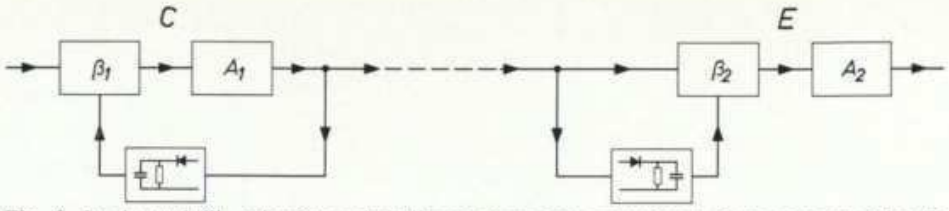


Fig. 3. In de praktijk gebruikte schakelingen voor een compressor C en een expander E. De variabele dempingen β_1 en β_2 moeten reciproke regelkarakteristieken hebben.

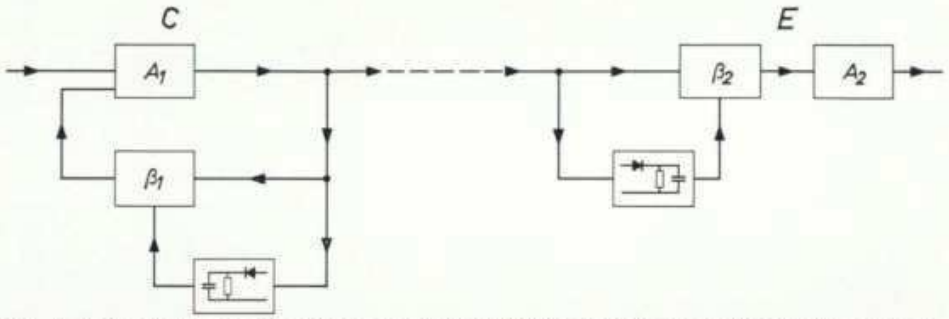


Fig. 4. Schema van een compander waarin de regelbare dempingen in compressor C en expander E identieke overbrengingsfactoren β_1 en β_2 hebben. Het geregelde signaal aan de uitgang van de regelbare dempingen is zuiver evenredig zowel met het te regelen signaal als met het regelsignaal. Door tegenkoppeling van het geregelde signaal in versterker A_1 van de compressor wordt een zuiver kwadratische compressie verkregen. De expander (met versterker A_2) expandeert kwadratisch.

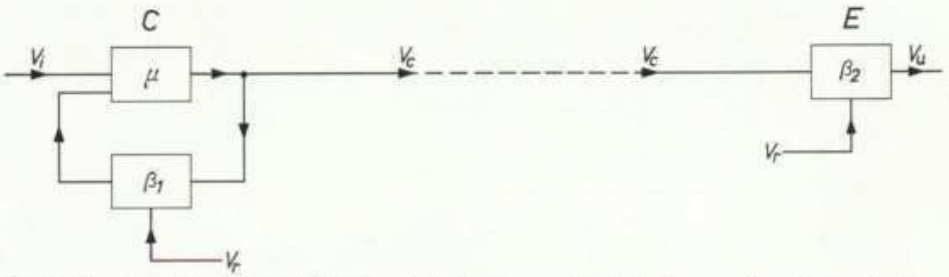


Fig. 5. Vereenvoudigde voorstelling van het schema van fig. 4. V_i ingangssignaal van de compressor; V_c uitgangssignaal van de compressor, tevens ingangssignaal van de expander; V_u uitgangssignaal van de expander; μ versterking van de versterker in de compressor; β_1 en β_2 overbrengingsfactoren van de regelbare dempingen in compressor en expander.

Bij het ontwerpen van compandersystemen streeft men in het algemeen naar een vervormingsvrije overbrenging van het spraaksignaal. Dit streven legt echter aan de bereikbare mate van storingsonderdrukking een zekere beperking op. Laat men de eis van vervormingsvrije overbrenging varen, dan is, zoals b.v. bij het Frenasysteem, nog een hogere mate van storingsonderdrukking mogelijk [2].

Met de eigenschap van de expander, niveauvariaties te vergroten, gaat onvermijdelijk gepaard dat spontane niveauvariaties als gevolg van veranderingen in de overbrengingsdemping van het transmissiesysteem door de expander worden vergroot, d.w.z. verergerd. In dit artikel worden ook enkele companderuitvoeringen beschreven waarbij getracht wordt, aan deze moeilijkheden tegemoet te komen door aan de spraak een hulpsignaal toe te voegen.

Companders zonder hulpsignaal

Fig. 3 geeft een combinatie van schakelingen weer zoals deze in de praktijk voor een compressor en een expander worden toegepast. In de compressor C passeert het spraaksignaal een variabele demping, met overbrengingsfactor β_1, en een versterker A_1. Van het signaal aan de uitgang van de versterker wordt een deel afgetakt en na gelijkrichting en filtering toegevoerd aan de variabele demping. In de expander passeert het spraaksignaal eveneens een variabele demping, met overbrengingsfactor β_2, en een versterker A_2. Het regelsignaal wordt hier verkregen door aftakking aan de ingang van de variabele demping. Het zal uit het voorgaande duidelijk zijn dat de karakteristiek van β_1 zo moet zijn dat bij verhoging van het niveau de demping toeneemt, terwijl bij β_2 juist het omgekeerde het geval moet zijn.

Voor een vervormingsvrije overbrenging is het nodig dat de karakteristieken van β_1 en β_2 nauwkeurig complementair zijn. Dit klemt des te meer omdat afwijkingen door de expanderende werking van E worden vergroot. De moeilijkheden om de karakteristieken van β_1 en β_2 nauwkeurig complementair te maken nemen toe

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

naarmate men de compressie- en expansiefactoren tracht op te voeren. Vandaar dat men bij schakelingen van het type van fig. 3 in het algemeen de compressie tot een factor 2 beperkt [3].

Tegenover de schakeling van fig. 3 heeft die van *fig. 4* het voordeel dat de karakteristieken van β_1 en β_2 identiek kunnen zijn. In de compressor C wordt het uitgangssignaal van versterker A_1 enerzijds toegevoerd aan de variabele demping met overbrengingsfactor β_1, anderzijds na gelijkrichting gebruikt voor de regeling van die demping. Het uitgangssignaal van de variabele demping wordt aan de ingang van A_1 tegengekoppeld.

In een door de schrijvers onderzochte compander volgens het schema van fig. 4 kon een zeer geringe totale vervorming worden bereikt door bij beide variabele dempingen gebruik te maken van het Hall-effect. Het hierin toegepaste fysische principe brengt mee dat de amplitude van het geregelde signaal steeds zuiver evenredig is zowel met het te regelen als met het regelende signaal. Deze evenredigheid is bovendien niet, zoals bij dioderegelaars, afhankelijk van het signaalniveau. Men kan daardoor met voordeel de regeling op hoog niveau uitvoeren en daarmee de versterking in de terugkoppellus beperken.

In de, ten opzichte van fig. 4 wat vereenvoudigde, *fig. 5* is de versterking (zonder terugkoppeling) van versterker A_1 met μ aangeduid, terwijl β_1 de verhouding is tussen uitgangs- en ingangsspanning van de dempingsregelaar. Deze verhouding is afhankelijk van de grootte van de regelspanning V_r. Bij een bepaalde frequentie bestaat tussen de amplitude van de uitgangsspanning V_e en die van de ingangsspanning V_i van de tegengekoppelde versterker de betrekking:

$$V_e = \mu V_i/(1 + \mu\beta_1). \quad . \ . \ . \ . \quad (1)$$

Bij zeer grote rondgaande versterking in het circuit ($\mu\ \beta_1 \gg 1$) kan men dit vereenvoudigen tot:

$$V_e = V_i/\beta_1. \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (2)$$

Nemen we aan dat de demping in de transmissieweg onveranderlijk is en stellen we deze gemakshalve gelijk aan nul, dan is de ingangsspanning voor de expander eveneens gelijk aan V_e. Is de karakteristiek van β_2 in de expander nu dezelfde als die van β_1, dan geldt:

$$V_u = \beta_2 V_e = \beta_1 V_e. \quad . \ . \ . \ . \ . \quad (3)$$

Combinatie van (2) en (3) geeft dan:

$$V_u = V_i, \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (4)$$

waaruit blijkt dat de uitgangsspanning een identieke afbeelding is van de ingangsspanning.

De regelspanning V_r is lineair afhankelijk van het gecomprimeerde signaal V_e. Maken we nu de overbrengingsfactor β_1 lineair afhankelijk van V_r, dan is hij het ook van V_e en kunnen we schrijven:

$$\beta_1 = k_1 V_e. \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (5)$$

Substitueren we dit in (1), dan kunnen we schrijven:

$$V_i = V_e/\mu + k_1 V_e^2. \quad . \ . \ . \ . \quad (6)$$

Bij grote rondgaande versterking ($\mu\beta_1 \gg 1$) kan de lineaire term in het rechterlid verwaarloosd worden ten opzichte van de kwadratische en krijgen we de betrekking:

$$V_e = \sqrt{V_i/k_1}. \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (7)$$

Deze formule geeft aan dat we een factor-2-compressor hebben verkregen.

De expander expandeert kwadratisch, want combinatie van (3) en (5) geeft:

$$V_u = k_1 V_e^2. \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (8)$$

De expander expandeert steeds zuiver kwadratisch. De compressie is, zoals we gezien hebben, slechts met voldoende benadering kwadratisch als in de compressor $\mu\beta_1 \gg 1$. Kan men aan deze voorwaarde niet in voldoende mate voldoen, b.v. omdat anders de stabiliteit in gevaar zou komen, dan is de lineaire term in (6) niet geheel te verwaarlozen. Wil men onder die omstandigheden de expansie complementair maken aan de compressie, dan moet men aan de regelbare demping in de expander behalve de, aan het inkomende spraaksignaal ontleende, regelspanning nog een kleine hulpgelijkspanning toevoeren.

Zouden we de overbrengingsfactor β evenredig met het kwadraat van de regelspanning V_r doen variëren, dan komen we tot de betrekking:

$$V_e \sim V_i^{1/3}, \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (9)$$

met andere woorden we zouden een factor-3-compressor hebben verkregen. Het realiseren van een variabele demping waarvan de overbrengingsfactor kwadratisch van de regelspanning afhangt is echter niet eenvoudig, terwijl bovendien bij een zo hoge compressiegraad de versterkingsvariaties in de regellus stabiliteitsmoeilijkheden gaan opleveren. Beide moeilijkheden kunnen worden omzeild door het in cascade schakelen van twee regellussen, zoals *fig. 6* doet zien. Zowel in de compressor als in de expander worden de overbrengingsfactoren β_1 en β_2 van de dempingen in de twee regellussen gemeenschappelijk geregeld door een signaal dat op de gebruikelijke wijze door gelijkrichting

[1] H. Mann, H. M. Straube en C. P. Villars, A companded coder for an experimental PCM terminal, Bell Syst. tech. J. **41**, 173-226, 1962.

[2] F. de Jager en J. A. Greefkes, „Frena", een systeem voor overbrenging van spraak bij hoge ruisniveaus, Philips techn. T. **19**, 65-76, 1957.

[3] N. Valentini, The dynamics compressor-expandor (compandor) in telephony, Telettra **2**, 12-22, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en afvlakking is afgeleid van het gecomprimeerde signaal.

Voor de compressor kunnen we stellen dat

$$V_c = \frac{\mu_1}{1 + \mu_1\beta_1} \frac{\mu_2}{1 + \mu_2\beta_2} V_i . \quad . . \quad (10)$$

Ook hier kan er, door de rondgaande versterking in de beide regellussen voldoende groot te maken, voor gezorgd worden dat $\mu_1\beta_1 \gg 1$ en dat $\mu_2\beta_2 \gg 1$, waardoor (10) overgaat in:

$$V_c = V_i/\beta_1\beta_2. \quad . . . . . \quad (11)$$

Het is duidelijk dat, als we β_1 en β_2 aan elkaar gelijk, en lineair afhankelijk maken van de regelspanning, een betrekking als (9) ontstaat, met andere woorden dat de compressiefactor gelijk aan 3 wordt. Op analoge wijze kan worden aangetoond dat onder deze voorwaarden de expander kubisch expandeert.

Bij een compander volgens het beginsel van fig. 6, die in dit laboratorium werd gebouwd, konden compressie- en expansiefactoren van 3 zonder moeite worden gerealiseerd. De totale vervorming van de compander kon ook hier weer klein worden gehouden door variabele dempingen toe te passen waarbij van het Hall-effect gebruik werd gemaakt. De beide dempingen konden op eenvoudige wijze gelijktijdig worden geregeld door het plaatsen van twee Hall-plaatjes in het magnetisch veld van één spoel, die door de regelstroom bekrachtigd werd.

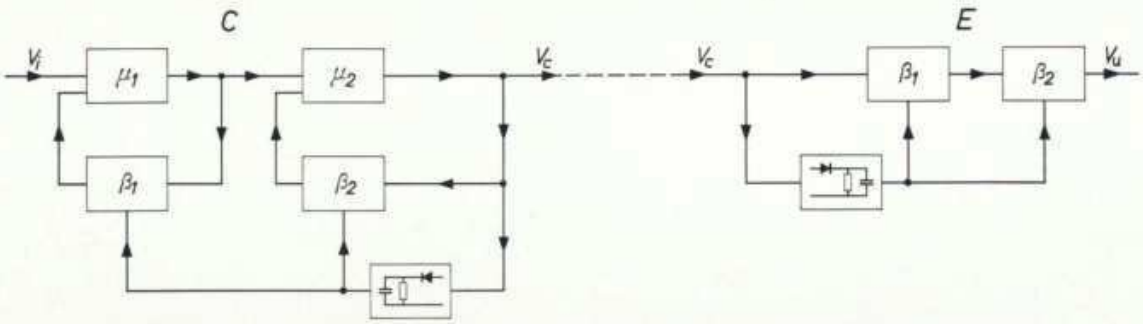


Fig. 6. Door het in cascade schakelen van twee regellussen van het type van fig. 4 kan een factor-3-compander worden verkregen zonder dat in de regellussen bijzonder hoge versterkingen behoeven te worden toegepast. *C* compressor; *E* expander; V_i ingangssignaal van de compressor; V_c gecomprimeerd uitgangssignaal van de compressor, tevens ingangssignaal van de expander; V_u uitgangssignaal van de expander; β_1, β_2 overbrengingsfactoren der regelbare dempingen in compressor en expander; μ_1, μ_2 versterkingsfactoren der versterkers in de regellussen van de compressor.

Verhoging van de compressiegraad bij enkelvoudige regellus

Bij de bespreking van de algemene eigenschappen van companders hebben wij laten zien dat, wanneer voor het verband tussen uitgangs- en ingangsspanning van de compressor een vergelijking van de vorm $y = \sqrt[n]{x}$ geldt, de in decibels gemeten niveauvariaties aan de uitgang steeds een constante fractie van de variaties aan de ingang zijn. Bepalen we ons tot de factor-2-compressor, die met behulp van het schema van fig. 4 goed is te realiseren, dan geldt de constante compressie voor elk interval op de parabool die door de vergelijking $y = \sqrt{x}$ wordt voorgesteld.

Zouden we echter de top van deze parabool van de oorsprong naar het tweede kwadrant verplaatsen, dan krijgt de vergelijking de vorm $y = b + \sqrt{x + a}$. Voor een dergelijke vergelijking geldt dat, zolang $x_2 > x_1 > 0$, de verhouding

$$\frac{b + \sqrt{x_2 + a}}{b + \sqrt{x_1 + a}}$$

voor positieve waarden van de wortelvormen steeds kleiner is dan de verhouding

$$\frac{\sqrt{x_2}}{\sqrt{x_1}},$$

met andere woorden we krijgen dan ook bij een zuivere tweedegraadskromme een compressie die wel afhankelijk is van het gekozen interval, doch steeds groter dan een factor 2.

Een dergelijke verplaatsing van de top van de parabool kan worden verkregen door, op de wijze als in *fig. 7* is aangegeven, een drempelspanning in te voeren. De overbrengingsfactor β van het regelelement is nul zolang de door gelijkrichting uit de uitgangsspanning V_c verkregen regelspanning V_r een bepaalde drempelwaarde d niet te boven gaat. Daarna neemt β lineair toe met het bedrag dat V_r groter is dan d.

Zolang de drempelwaarde niet bereikt is, neemt de uitgangsspanning lineair toe met het ingangssignaal. Daarna wordt het verband aangegeven door een parabolische kromme die, zoals gemakkelijk is na te rekenen, de vorm $y = b + \sqrt{x + a}$ heeft. Van de uitwerking van de toegepaste kunstgreep kan men zich met behulp van *fig. 8* een beeld vormen. De vergelijking

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

$y = \sqrt{x}$ geldt ten opzichte van het assenkruis met oorsprong O_1, de vergelijking $y = b + \sqrt{x + a}$ ten opzichte van het assenkruis met oorsprong O_2. De regelkromme bestaat uit een lineair deel O_2A en een kwadratisch deel AB. De overgang tussen de beide delen van de kromme is natuurlijk in werkelijkheid niet zo abrupt als uit de figuur zou blijken en volgt de aangegeven stippellijn.

van de lijn $y = x$ in fig. 1 geeft aan dat door toevoeging van een constante versterking het niveau, voor zover het de lage waarden van de schaal betreft, een vast bedrag omhoog is gebracht.

In de expander is op analoge wijze door toepassing van een drempelspanning bereikt dat voor lage niveaus geen expansie plaats vindt, terwijl dit voor hogere niveaus wel het geval is. Door juiste instelling van de

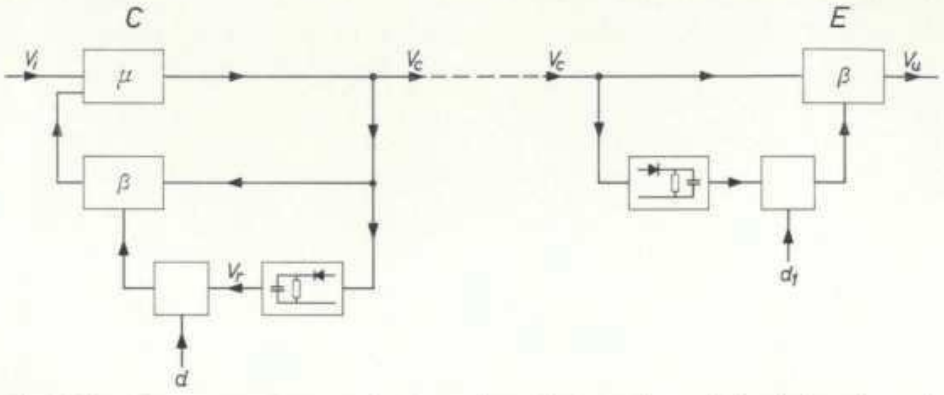


Fig. 7. Door in een compressor van het type volgens fig. 4 een drempel d in de door de regelspanning te volgen weg te leggen kan met een, op zichzelf kwadratisch werkende compressor, een hogere compressiegraad dan 2 worden verkregen. Door juiste instelling van de drempelspanning d_1 in de expander kunnen compressie- en expansiekarakteristieken complementair worden gemaakt. V_r regelspanning.

Met behulp van het hier beschreven beginsel bleek het mogelijk om een niveauvariatie van 30 dB aan de ingang van de compressor terug te brengen tot een

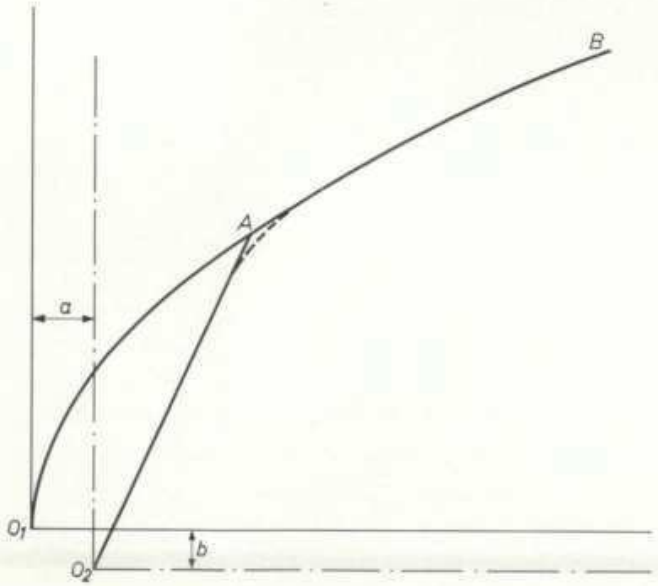


Fig. 8. Door invoering van een drempelspanning wordt de oorsprong O_1 van het assenkruis van de kromme $y = x$ verschoven naar O_2. Voor de kromme geldt nu de vergelijking $y = b + \sqrt{x + a}$, die in het eerste kwadrant een compressie met een factor groter dan 2 oplevert.

variatie van minder dan 10 dB aan de uitgang, d.w.z. tot aanzienlijk minder dan de helft van de oorspronkelijke waarde, zonder dat het daarvoor nodig was tot de complicatie van de schakeling van fig. 6 over te gaan. De grotere helling van het lijnstuk O_2A ten opzichte

drempelspanningen kan het systeem lineair worden gemaakt.

Companders met hulpsignaal

Bij de tot nu toe beschreven companders bepaalt op elk ogenblik het niveau van het aan de ontvangzijde binnenkomende spraaksignaal zelf de mate van expansie die zal worden toegepast. Het ontwerp van de expander moet noodzakelijkerwijs berusten op de veronderstelling dat de omhullende van het ontvangen signaal een gelijkvormige afbeelding is van die van het uitgezonden signaal. Zodra dit niet meer het geval is, zal een onjuiste expansie plaatsvinden, waarbij de expander de afwijkingen vergroot.

De omhullende van het spraaksignaal kan op de transmissieweg om twee redenen vervorming ondergaan. In de eerste plaats kunnen in de demping op de transmissieweg spontane variaties optreden, en in de tweede plaats kan amplitudevervorming door ruis worden teweeggebracht. In het laatste geval is het een ongunstige omstandigheid dat de tot nu toe beschreven expanders de amplitudevariaties uit het spraaksignaal zelf moeten aflezen. Voor de overbrenging van dit gegeven moet hier de volledige breedte van de spraakband worden gebruikt; er kan daardoor betrekkelijk veel ruisenergie tot het regelcircuit doordringen.

In de drie hierna te beschrijven companderschakelingen is door toevoeging van een hulpsignaal getracht, de zojuist genoemde nadelen te ondervangen. De niveauvariaties van het spraaksignaal verlopen niet dan

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

langzaam, zodat bij modulatie van deze variaties op een hulpsignaal slechts een smalle band van frequenties in beslag wordt genomen. Deze band wordt onder of boven die van de spraak gelegd, waardoor het hulpsignaal gemakkelijk van de spraak is te scheiden. Door de beperkte breedte van dit informatiekanaal kan daarin slechts weinig ruisenergie doordringen.

Slechts bij de eerste twee hierna te beschrijven companders is het hulpsignaal dienstbaar aan het tegengaan van de invloed van spontane dempingsvariaties op de transmissieweg. De derde is ontworpen voor transmissiesystemen waarbij de gevolgde modulatiemethode op zichzelf reeds de invloed van spontane dempingsvariaties elimineert: als voorbeeld noemen we frequentiemodulatie en codemodulatie.

bij afwezigheid van een spraaksignaal de gelijkgerichte uitgangsspanning (van loodsfrequentie) van de compander juist gelijk is aan E_1. V_{r_1} is dan dus nul.

Na versterking met een factor μ_2 wordt het regelsignaal aan de regelbare demping met overbrengingsfactor β_1 toegevoerd. Doordat in dit geval de regeling op een punt van het systeem plaatsvindt waar het spraakniveau zeer laag is, kan de regelbare demping uit gelijkrichtcellen worden samengesteld. Het verband tussen de overbrengingsfactor β_1 en de regelspanning V_{r_1} wordt weergegeven door de betrekking:

$$\beta_1 = (1 + k_1\mu_2 V_{r_1})^{-1}.$$

Bij afwezigheid van een spraaksignaal, als V_{r_1} dus nul is, is β_1 gelijk aan 1 en de amplitude van het uitgangs-

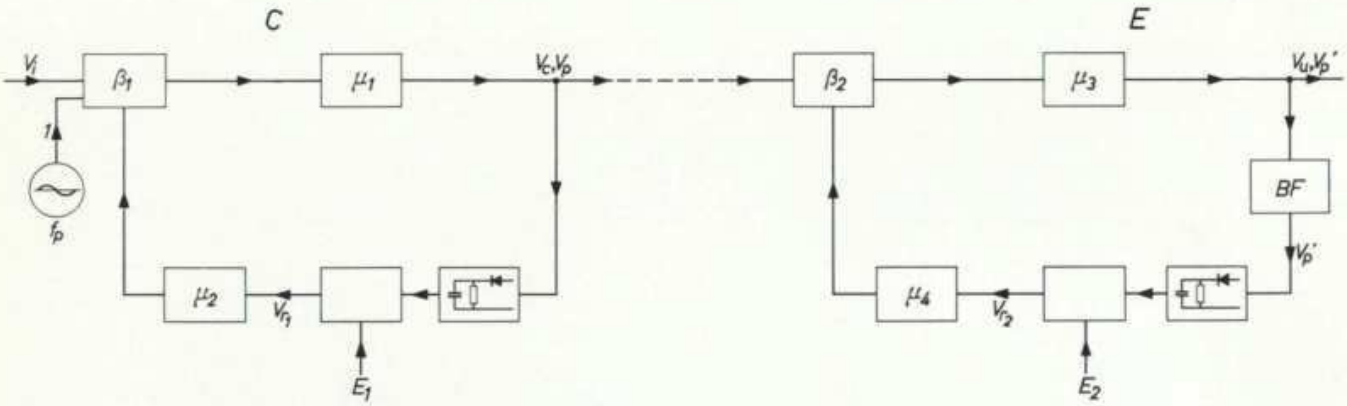


Fig. 9. Schema van een loodscompander volgens Ensink en Verhagen. Doordat de informatie betreffende de amplitudevariaties van het spraaksignaal door het loodssignaal in een smalle frequentieband wordt overgebracht, is de beïnvloeding door ruis verminderd. Verder geeft de schakeling een beveiliging tegen spontane dempingsvariaties op de transmissieweg.

Loodscompander van Ensink en Verhagen

Als eerste voorbeeld behandelen we een compander die bij de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie door J. Ensink en J. Verhagen is ontwikkeld. Het schema hiervan is in *fig. 9* weergegeven. Het spraaksignaal met amplitude V_i wordt toegevoerd aan een regelbare demping met overbrengingsfactor β_1. Aan de ingang van deze demping wordt tevens een hulpsignaal, dat het karakter heeft van een loodssignaal, met frequentie f_p toegevoerd. Daar deze compander is gedacht voor toepassing in draaggolftelefoniesystemen waarbij de band van spraakfrequenties tussen 300 Hz en 3400 Hz is besloten, werd voor de loodsfrequentie 3700 Hz gekozen. De amplitude van het loodssignaal wordt constant gehouden: wij stellen deze gemakshalve gelijk aan 1. Na het doorlopen van de regelbare demping ondergaat het gecombineerde signaal een versterking μ_1. Hierna wordt een deel van het signaal afgetakt en gelijkgericht. Een filter beperkt de band van doorgelaten frequenties tot 100 à 125 Hz. Dit gefilterde signaal moet vervolgens een spanningsdrempel ter hoogte E_1 passeren. De drempelspanning wordt zo ingesteld dat signaal van de regelbare demping eveneens. De amplitude aan de uitgang van de volgende versterker is dan dus gelijk aan μ_1 en bij deze waarde is de gelijkgerichte spanning aan de uitgang juist E_1.

Bij aanwezigheid van spraak ontstaat een positieve regelspanning V_{r_1}, die een versterking μ_2 ondergaat. Deze versterking is zo groot gekozen dat de spanning aan de uitgang van de regelbare demping nooit meer dan een te verwaarlozen bedrag groter wordt dan de rustwaarde 1. Daar de ingangsspanning van de regelbare demping gelijk is aan $1 + V_i$, vindt dus compressie plaats in de verhouding $1/(1 + V_i)$. De spraakcomponent V_c en de loodscomponent V_p hebben dus de waarden $V_c = \mu_1 V_i/(1 + V_i)$ en $V_p = \mu_1/(1 + V_i)$. Uit deze vergelijkingen volgt dat de amplitude van de spraakcomponent aan de uitgang van de compressor asymptotisch tot de waarde μ_1 nadert, terwijl de loodscomponent daarbij tot nul nadert. Het verloop van beide componenten is grafisch in *fig. 10* weergegeven.

In de expander, die in de rechterhelft van fig. 9 schematisch is weergegeven, wordt het binnenkomende signaal allereerst toegevoerd aan een regelbare demping

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

met overbrengingsfactor β_2, met behulp waarvan de expansie wordt bewerkstelligd. Het geëxpandeerde signaal wordt daarna een factor μ_3 versterkt. De spraakcomponent met amplitude V_u en de loodscomponent met amplitude V_p' worden in de verdere apparatuur door een laagdoorlatend filter gescheiden.

Een deel van het gecombineerde signaal wordt afgetakt en passeert allereerst een bandfilter *BF*, dat de spraakfrequenties tegenhoudt en alleen de loodsfrequentie met zijn nevenfrequenties doorlaat. Dit uitgefilterde loodssignaal wordt vervolgens gelijkgericht, nogmaals gefilterd en ontmoet daarop een spanningsdrempel ter hoogte E_2. Deze drempelspanning wordt zo ingesteld dat voor de kleinste voorkomende waarde van de loodscomponent de gelijkgerichte spanning V_p' juist

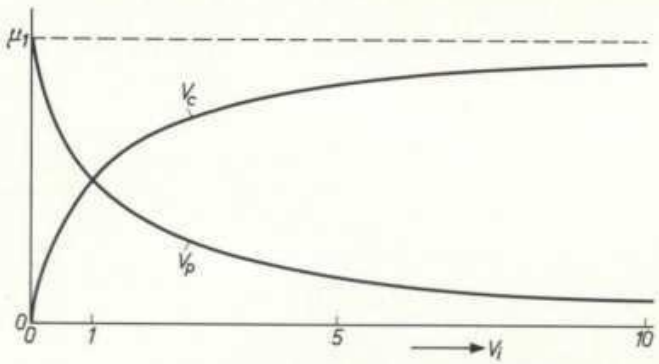


Fig. 10. Verloop van spraakamplitude V_c en amplitude V_p van het loodssignaal aan de uitgang van de compressor van fig. 9, als functie van het binnenkomende spraaksignaal V_i.

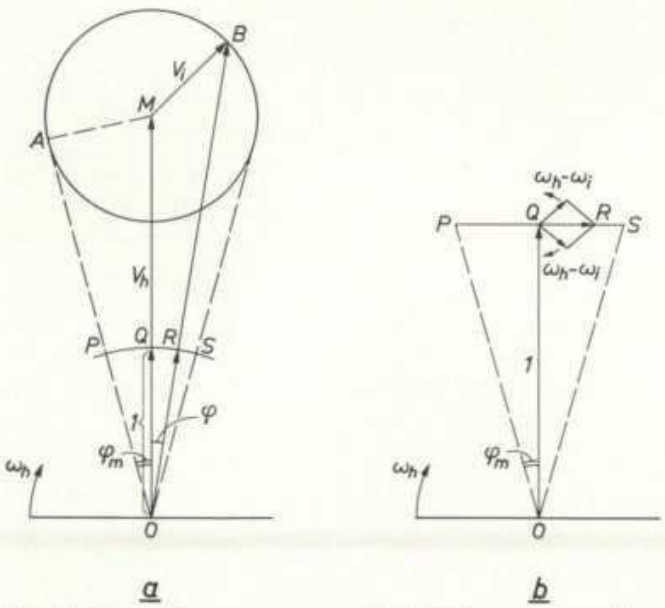


Fig. 11. Vectordiagrammen ter verduidelijking van de werking van een begrenzer als regelelement.

gelijk is aan E_2. Neemt de gelijkgerichte loodsspanning toe, dan ontstaat er een regelspanning V_{r_2}, die versterkt wordt met een zeer grote factor μ_4 en vervolgens de variatie van de overbrengingsfactor β_2 bewerkstelligt.

De overbrengingsfactor β_2 is op dezelfde wijze van de regelspanning V_{r_2} afhankelijk als β_1 van V_{r_1}. Dat wil dus zeggen dat wanneer V_{r_2} gelijk is aan nul, β_2 gelijk is aan 1. Voor de bijbehorende waarde van de loodsspanning — men beseffe dat deze overeenkomt met de grootste voorkomende waarde van het spraaksignaal — is dus de versterking tussen ingang en uitgang van de expander het grootst. Neemt de loodsspanning slechts met een zeer klein bedrag toe, dan neemt, doordat de versterkingsfactor μ_4 zeer groot is, β_2 zeer sterk af. Het gevolg is dat, ook bij grote variaties van het inkomende loodssignaal, de variaties van het loodssignaal aan de uitgang van de expander verwaarloosbaar klein blijven. De expander zorgt er dus voor dat het uitgaande loodssignaal op de constante waarde 1 wordt gehouden. Daar zowel bij de compressie als bij de expansie de verhouding tussen de amplituden van spraak- en loodssignaal onveranderd gelijk blijft aan $V_i : 1$, moet de amplitude van het spraaksignaal aan de uitgang van de expander de waarde V_i aannemen, die identiek is aan die aan de ingang van de compressor. Dit resultaat is onafhankelijk van eventuele spontane dempingsvariaties op de transmissieweg.

Begrenzer-compander

In de companderschakeling die we nu zullen bespreken wordt eveneens aan het spraaksignaal met variabele amplitude V_i een loodssignaal met vaste frequentie f_p en constante amplitude 1 toegevoegd. Ook hier wordt de som $(1 + V_i)$ van beide signalen door de compressor tot de vaste waarde 1 teruggebracht; beide componenten worden dus in de verhouding $1 : (1 + V_i)$ gereduceerd. In de expander wordt weer de loodsspanning op de vaste waarde 1 gebracht, waardoor de spraakcomponent automatisch de waarde V_i aanneemt.

Als een voor dit soort schakelingen wat ongewoon regelelement wordt in deze compander een begrenzer toegepast. Wij zullen allereerst aantonen dat met behulp van een begrenzer een lineaire regeling van de amplitude van een signaal kan worden verkregen.

Hiertoe beschouwen we een enkele frequentiecomponent uit een informatiesignaal, die de hoekfrequentie ω_i en de amplitude V_i heeft. Aan dit informatiesignaal voegen we een hulpsignaal met hoekfrequentie ω_h en amplitude V_h toe, waarbij we zorgen dat $V_h \gg V_i$. Dit samengestelde signaal kan op de wijze van *fig. 11a* worden voorgesteld in een vectordiagram, waarbij de tijdas geacht wordt, met een hoeksnelheid ω_h rond te draaien. De vector *OB*, die het totale signaal weergeeft, is daarbij samengesteld uit een stilstaande vector *OM* ter grootte van V_h en een met hoeksnelheid $\omega_h - \omega_i$ roterende vector *MB* ter grootte van V_i. Het totale signaal vertoont een amplitudevariatie $2V_i$ en een fazezwaai $2\varphi_m$.

Voeren we een dergelijk signaal toe aan een begrenzer, dan zal, als $V_h \gg V_i$, de fazezwaai klein zijn. Hoe-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wel bij de begrenzing hogere harmonischen van de hulpfrequentie ω_h ontstaan, worden deze, zoals we nog zullen zien, door een laagdoorlatend filter onderdrukt. Hierdoor kan het signaal aan de uitgang van de begrenzer worden voorgesteld door de vector OR met onveranderlijke grootte — we stellen deze weer gelijk aan 1 — waarvan het uiteinde zich langs de boog $PQRS$ beweegt. Voor kleine waarden van φ_m mogen we de boog $PQRS$ als een rechte lijn beschouwen en het diagram voor de begrensde spanning vereenvoudigen tot dat van *fig. 11b*. We zien dan dat het uiteinde R van de vector OR met de frequentie $(\omega_h - \omega_i)/2\pi$ tussen de punten P en S oscilleert. De amplitude PQ kunnen we berekenen door uit fig. 11*a* af te lezen dat $\sin \varphi_m = V_i/V_h \approx \varphi_m$, terwijl uit fig. 11*b* blijkt dat $\operatorname{tg} \varphi_m = PQ \approx \varphi_m$; hieruit volgt dat $PQ = V_i/V_h$.

De oscillerende vector QR uit fig. 11b kan men zich samengesteld denken uit twee roterende vectoren met amplitude $\frac{1}{2} PQ$ en hoekfrequenties $(\omega_h - \omega_i)$ en $-(\omega_h - \omega_i)$. Het begrensde signaal blijkt dus zo te bestaan uit een component met amplitude 1 en hoekfrequentie ω_h, een component met amplitude $\frac{1}{2} V_i/V_h$ en hoekfrequentie $\omega_h - (\omega_h - \omega_i) = \omega_i$, en een component met amplitude $\frac{1}{2} V_i/V_h$ en hoekfrequentie $\omega_h + (\omega_h - \omega_i) = 2\omega_h - \omega_i$. Kiezen we de hoekfrequenties ω_h en ω_i voldoende verschillend, dan zijn de eerste en de derde component gemakkelijk van de tweede te scheiden en te onderdrukken. In dat geval houden we na begrenzing en filtering een signaal over waarvan de amplitude evenredig is met V_i en omgekeerd evenredig met V_h. Uit de lineariteit van de betrekking tussen het inkomende informatiesignaal en het begrensde signaal volgt tevens dat ook bij een spraaksignaal dat een complex van frequenties bevat en een variabele amplitude V_i bezit, het begrensde signaal lineair van het ingangssignaal afhangt.

We beschouwen thans de compressor- en expanderschakelingen van *fig. 12*. In de compressor passeert het spraaksignaal met variabele amplitude V_i allereerst een filter BF_1 dat de band van doorgelaten frequenties begrenst tussen 300 en 3400 Hz. Achter dit filter wordt een loodssignaal met frequentie f_p toegevoegd. Deze frequentie wordt boven de spraakband gelegd, b.v. op een waarde van 3700 Hz. De amplitude is constant, en we stellen deze gelijk aan 1.

Het gecombineerde signaal met amplitude $1 + V_i$ wordt enerzijds toegevoerd aan de begrenzerschakeling CL_1, anderzijds aan een gelijkrichtschakeling. De

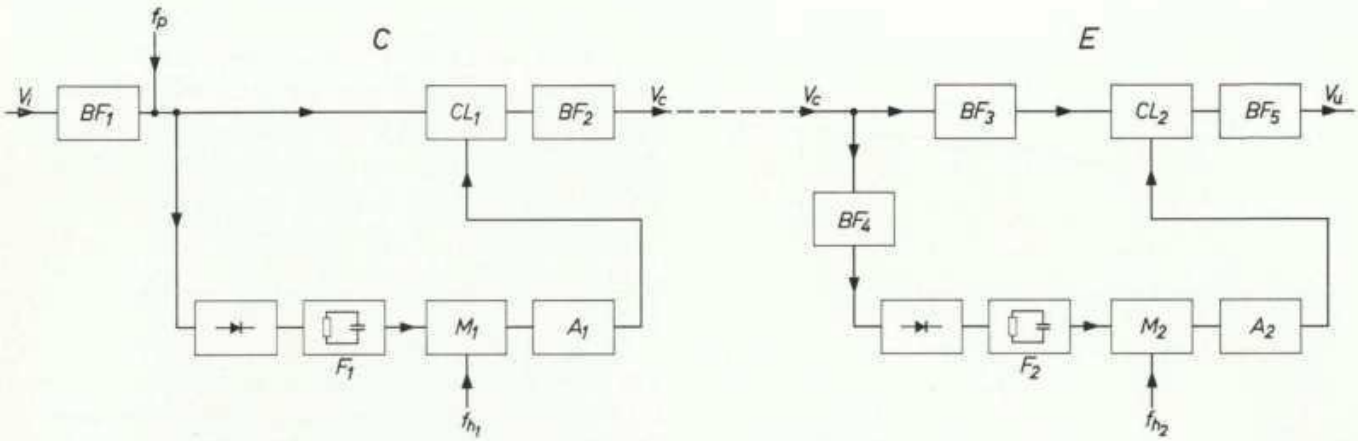


Fig. 12. Schema van een companderschakeling waarin begrenzers CL_1 en CL_2 als regelelementen worden gebruikt. De karakteristiek van deze loodscompander is dezelfde als die van de compander volgens fig. 9 en is gelijkvormig met die van fig. 10.

amplitude $1 + V_i$ van het gelijkgerichte signaal varieert slechts langzaam. Dit gelijkgerichte en in F_1 gefilterde signaal moduleert vervolgens de amplitude van een hulpsignaal met frequentie $f_{h_1} = \omega_{h_1}/2\pi$ zodanig dat de amplitude van dit hulpsignaal weer gelijk is aan $1 + V_i$.

Na de modulator M_1 volgt een versterker A_1 met versterkingsfactor μ_1, die de amplitude van het hulpsignaal op $\mu_1(1 + V_i)$ brengt. Dit versterkte hulpsignaal wordt te zamen met de combinatie van spraak- en loodssignaal aan de begrenzer CL_1 toegevoerd. Een geschikte waarde voor de hulpfrequentie f_{h_1} is 20 000 Hz; de versterkingsfactor μ_1 behoeft niet veel groter dan 4 te zijn om een voldoende lineaire betrekking tussen het uitgangssignaal van de begrenzer en het gecombineerde spraak- en loodssignaal te waarborgen.

Uit de reeds gegeven theoretische beschouwing volgt dat de gewenste uitgangscomponent van de begrenzer — de ongewenste componenten worden door het filter BF_2 onderdrukt — evenredig is met de amplitude $(1 + V_i)$ van het spraak-plus-loodssignaal, en omgekeerd evenredig met het hulpsignaal met amplitude $\mu_1(1 + V_i)$, met andere woorden de combinatie van spraak- en loodssignaal met veranderlijke amplitude $1 + V_i$ wordt door de begrenzer omgezet in een signaal

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

met constante amplitude $1/(2\,\mu_1)$. In dit constante signaal is de deelamplitude van het loodssignaal evenredig met $1/(1 + V_i)$ en die van het spraaksignaal evenredig met $V_i/(1 + V_i)$. De compressiekarakteristiek heeft dezelfde vorm als in fig. 10 voor de compressor van Ensink en Verhagen is aangegeven.

Het loodsaandeel in het uitgezonden signaal volgt — in tegengestelde zin — de amplitudevariaties van het spraaksignaal. Daar deze amplitudevariaties slechts langzaam plaats vinden, neemt het loodssignaal slechts een geringe bandbreedte in beslag: een breedte van 50 Hz aan weerszijden van de loodsfrequentie van 3700 Hz is voldoende. In de expander (zie fig. 12 rechts) kan dus zonder grote moeite met behulp van twee filters BF_3 en BF_4 de loodscomponent van de spraakcomponent worden gescheiden. De tussen 300 en 3400 Hz liggende band van spraakfrequenties wordt rechtstreeks aan begrenzer CL_2 toegevoerd; de loodsspanning met zijn nevenfrequenties wordt gelijkgericht en gefilterd en moduleert vervolgens in M_2 de amplitude van een hulpwisselspanning met frequentie f_{h_2}. Hiervoor kan weer 20 000 Hz worden gekozen. Na versterking in A_2 wordt de gemoduleerde hulpspanning eveneens aan CL_2 toegevoerd.

Wanneer wij ons tot de gewenste component van het uitgangssignaal van CL_2 bepalen — de ongewenste componenten worden door het filter BF_5 onderdrukt—, dan weten wij uit het voorgaande dat de amplitude van deze component evenredig is met die van het signaal uit BF_3 en omgekeerd evenredig is met die van het signaal uit A_2. Verder weten wij dat het signaal uit A_2 evenredig is met $1/(1 + V_i)$, terwijl het signaal uit BF_3 evenredig is met $V_i/(1 + V_i)$. De gewenste uitgangscomponent uit CL_2 is dus evenredig met:

$$\frac{\dfrac{V_i}{1 + V_i}}{\dfrac{1}{1 + V_i}} = V_i\,.$$

Het uitgangssignaal is dus een gelijkvormige afbeelding van het ingangssignaal van de compressor; dit resultaat is verder weer onafhankelijk van eventuele spontane dempingsvariaties op de transmissieweg.

Compander met gelijkstroomhulpsignaal

Bij de derde compander in deze reeks die wij zullen beschrijven geeft de vorm waarin het hulpsignaal wordt toegevoerd geen beveiliging tegen spontane dempingsvariaties op de transmissieweg. Deze compander kan daarom het beste worden toegepast in combinatie met modulatiesystemen die op zichzelf reeds een dergelijke beveiliging geven, zoals systemen met frequentiemodulatie of codemodulatie. Daar dergelijke modulatiemethodes de overbrenging van een gelijkstroomcomponent in het informatiesignaal toelaten, is hiervan gebruik gemaakt om het gelijkstroomkarakter van het hulpsignaal tijdens de overbrenging te behouden.

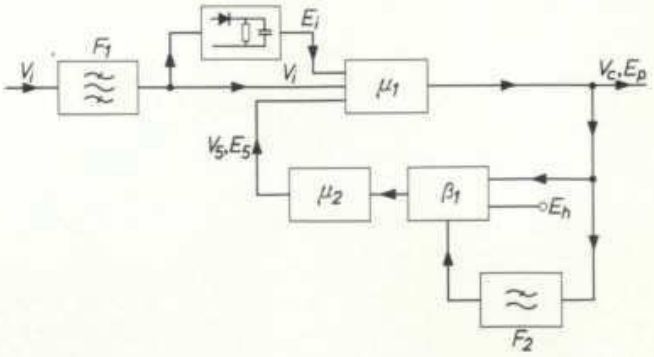


Fig. 13. Schema van een compressor met gelijkstroomhulpsignaal en hoge compressiegraad.

Het hulpsignaal dient bij de onderhavige compander uitsluitend om de informatie betreffende de amplitudevariaties in een smalle, buiten het spraakkanaal gelegen, frequentieband over te brengen en daardoor de storende invloed van op de transmissieweg gegenereerde ruis tegen te gaan. Deze smalle band van frequenties kan dan met voordeel onder de benedengrens van de standaardband van spraakfrequenties — 300 tot 3400 Hz — worden gelegd, b.v. van 0 tot 125 Hz. Bij een dergelijke ligging kunnen de beide banden aan de ontvangzijde met behulp van een zeer eenvoudig filter worden gescheiden.

In de compressor wordt, zoals het schema van *fig. 13* weergeeft, het spraaksignaal eerst via een hoogdoorlatend filter F_1 gevoerd, om alle lage frequenties die het hulpsignaal zouden kunnen verstoren, te onderdrukken. Na dit filter wordt het spraaksignaal met amplitude V_i enerzijds rechtstreeks aan de ingang van een gelijkstroomversterker met versterkingsfactor μ_1 toegevoerd, anderzijds aan een gelijkrichtschakeling. Het door deze laatste afgegeven gelijkspanningssignaal met variabele amplitude E_i wordt eveneens aan de ingang van de zojuist genoemde versterker toegevoerd.

Aan de uitgang van deze versterker wordt een deel van het signaal afgetakt. Dit uitgangssignaal, waarin spraak- en hulpsignaal gecombineerd zijn, wordt enerzijds als te regelen signaal aan de regelbare demping met overbrengingsfactor β_1 toegevoerd, anderzijds aan het laagdoorlatend filter F_2, dat alleen de frequenties van het hulpsignaal doorlaat. Daarna dient het als regelsignaal voor dezelfde regelbare demping.

Het aan de regelbare demping ontleende geregelde signaal ondergaat een versterking μ_2 en wordt vervolgens, in tegenfase met V_i en E_i, eveneens aan de ingang van de versterker met versterking μ_1 toegevoerd. Voor de regelbare demping is een zodanige karakteristiek ge-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 14. Compressiekrommen voor het spraaksignaal, verkregen met behulp van de compressor van fig. 13. De totale versterking $\mu_1\mu_2$ in de regellus is als parameter gebruikt.

kozen dat de geregelde spanning evenredig is zowel met de te regelen als met de regelspanning.

Aan de hand van het bovenstaande en van fig. 13 is eenvoudig na te gaan dat voor de gecomprimeerde spraakcomponent V_c geldt:

$$V_c = \mu_1 (V_i - V_5), \tag{12}$$

waarin

$$V_5 \sim \mu_2 E_p V_c. \tag{13}$$

Voor het hulpsignaal kan de betrekking worden opgesteld:

$$E_p = \mu_1 (E_i - E_5), \tag{14}$$

waarin

$$E_5 \sim \mu_2 E_p (E_p + E_h). \tag{15}$$

In de laatste evenredigheid is E_h een hulpgelijkspanning die aan de regelbare demping wordt aangelegd. Deze hulpspanning E_h vervult dezelfde rol als de drempelspanning d in fig. 7 en verhoogt de compressiefactor bij hoge spraakniveaus.

Uit (12) en (13) is te zien dat V_c, behalve van het ingangssignaal V_i, afhankelijk is van de versterkingen μ_1 en μ_2 en van het hulpsignaal E_p. Dit laatste is op zijn beurt, zoals uit (14) en (15) blijkt, afhankelijk van de aan de regelbare demping gelegde hulpspanning E_h en ook weer van μ_1 en μ_2. Uit de vier bovenstaande betrekkingen is een mathematisch verband tussen de gecomprimeerde spanningen V_c en E_p enerzijds, en de ingangsspanning V_i, de versterkingen μ_1 en μ_2 en de hulpspanning E_h anderzijds af te leiden. De betrekkingen zijn echter weinig overzichtelijk en wij geven het verband liever met behulp van een paar grafieken weer. *Fig. 14* geeft het verloop van de gecomprimeerde spraakcomponent V_c — aangegeven als fractie van zijn grootste optredende amplitude $V_{c\,max}$ — als functie van de ingangsspanning V_i; de laatste ook weer aangegeven als fractie van de grootste optredende waarde $V_{i\,max}$. Als parameter is gebruikt het product der beide versterkingen, $\mu_1\,\mu_2$. De voor deze krommen geldende hulpspanning E_h is gelijk genomen aan de grootste optredende waarde van E_h. De vorm van de krommen is sterk afhankelijk van de waarde van het product $\mu_1\mu_2$. Bij de grootste aangegeven waarde, $\mu_1\mu_2 = 500$, wordt een hoge compressiegraad verkregen, die overigens afhankelijk is van het gekozen interval op de kromme.

Wat het hulpsignaal E_p aan de uitgang van de compressor betreft, dit is in *fig. 15* weergegeven als functie van de amplitude van het inkomend spraaksignaal V_i. Beide grootheden zijn als fractie van hun maximale waarden uitgezet. Kromme a geldt voor een hulpspanning $E_h = E_{p\,max}$. De vorm van de kromme a is slechts weinig afhankelijk van de waarde van het product $\mu_1\mu_2$ en komt vrij dicht bij een lineair verband tussen de beide variabelen.

Vergelijking van fig. 13 met fig. 4 doet zien dat ze, bij weglating van de hulpspanning E_h uit de eerste figuur, gelijkwaardig zijn. Dit wil zeggen dat voor $E_h = 0$ de compressiefactor die met behulp van de schakeling van fig. 13 wordt verkregen, gelijk is aan 2; dit geldt zowel voor de spraakcomponent als voor het hulpsignaal. Kromme b uit fig. 15, die voor $E_h = 0$ geldt, is dan ook een parabool.

De expanderschakeling van *fig. 16* is, wanneer we de hulpspanning E_{h_1} wegdenken, dezelfde als die uit fig. 4 en de expansie is kwadratisch als $E_{h_1} = 0$. Het is van belang op te merken dat de hulpspanning E_{h_1} in de expander niet gezien moet worden als een compensatie voor de aanwezigheid van de hulpspanning E_h in de compressor. E_{h_1} vervult namelijk dezelfde rol als de hulpspanning die wij in verband met de behandeling van de companderschakeling van fig. 4 noemden. Alleen als de compressorkarakteristiek door te kleine rond-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

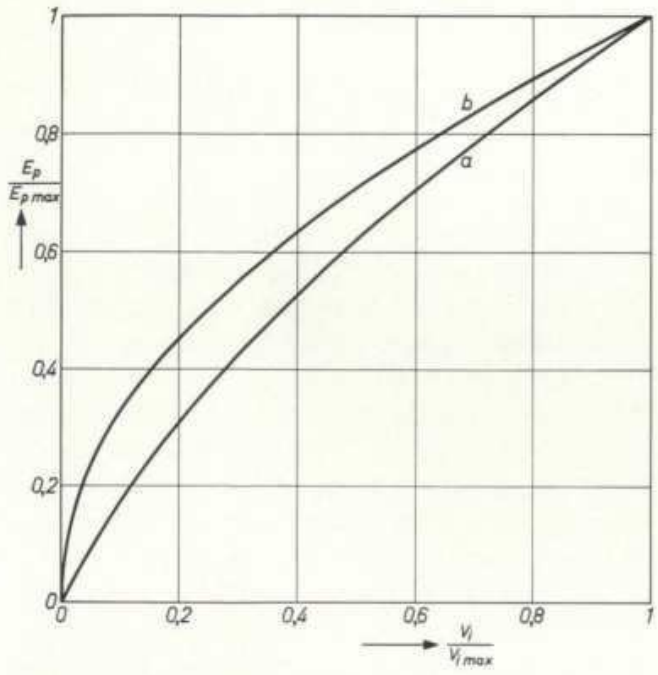


Fig. 15. Compressiekrommen voor het hulpsignaal E_p als functie van het inkomende spraaksignaal V_i, geldend voor de compressor uit fig. 13. Kromme *a* geldt voor het geval dat de hulpspanning E_h uit fig. 13 gelijk is aan de maximale waarde van het gecomprimeerde hulpsignaal E_p, kromme *b* voor het geval dat $E_h = 0$.

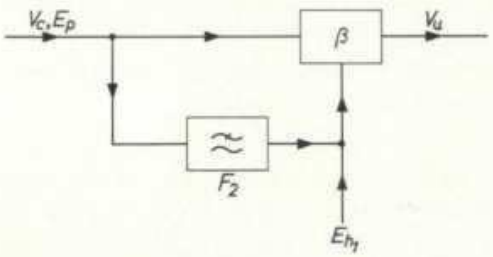


Fig. 16. Schema van de in combinatie met de compressor van fig. 13 gebruikte expander.

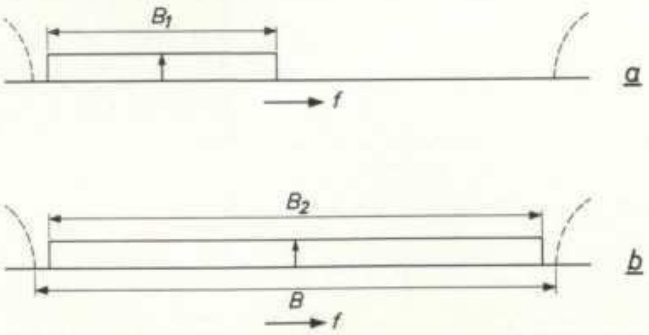


Fig. 17. Voorstelling van de wijze waarop in een frequentiemodulatiesysteem het gelijkstroomhulpsignaal van de compressor van fig. 13 kan worden gebruikt om de gemiddelde frequentie te beïnvloeden. Van de totale beschikbare bandbreedte B wordt in *a* slechts een gedeelte B_1 in beslag genomen. Bij volle modulatie (zie *b*) neemt de in beslag genomen band toe tot de breedte B_2 en ligt de gemiddelde frequentie centraal binnen de beschikbare band. Op deze wijze wordt de informatie van het hulpsignaal overgebracht zonder extrabandbreedte in beslag te nemen.

gaande versterking niet met voldoende benadering kwadratisch is, is deze hulpspanning E_{h_1} dus nodig.

Wanneer de hier besproken compander met gelijkstroomhulpsignaal wordt toegepast in een systeem met frequentiemodulatie, kan men een methode volgen die door *fig. 17* wordt verduidelijkt. In fig. 17*a* is aangegeven hoe bij geringe modulatiediepte (kleine frequentiezwaai) de in beslag genomen band van frequenties excentrisch ligt ten opzichte van de totale, voor het kanaal beschikbare, band. De gemiddelde frequentie van de in beslag genomen band verschuift bij verhoging van het spraakniveau onder invloed van het gelijkstroomhulpsignaal geleidelijk meer naar het midden van de beschikbare band, zodat bij volle modulatiediepte de gehele beschikbare band in beslag wordt genomen. Deze toestand is in fig. 17*b* weergegeven. Het voordeel van deze methode is dat voor de overbrenging van het hulpsignaal vrijwel geen extra-energie of -bandbreedte nodig is.

Bij de eerste twee van de groep companders die wij zojuist hebben beschreven zijn hulp- en spraaksignaal steeds complementair in amplitude. Dit wil zeggen dat voor hoge spraakniveaus de amplitude van het hulpsignaal (loodssignaal) zeer klein kan worden. Men moet er dan rekening mee houden dat een geringe extraspanning van loodsfrequentie, die door ruis of overspreken in het kanaal wordt geïntroduceerd, een ernstige vervalsing van het loodsniveau kan betekenen, die zich dan uit in een foutieve expansie. Bij de laatste compander blijft het niveau van het gelijkstroomhulpsignaal steeds met het spraakniveau oplopen, zodat de gevoeligheid voor stoorspanningen geringer is. Een punt waarop wij ten slotte nog willen wijzen, doch waarop de beschikbare ruimte ons niet toelaat verder in te gaan, is dat, hoewel de compressiefactor aanzienlijk groter dan 2 kan worden gemaakt, de invloed van spontane dempingsvariaties op de transmissieweg bij deze laatste compander niet groter is dan bij een factor-2-compander.

De heer K. Riemens verleende hulp bij de experimentele en theoretische bestudering van de in dit artikel beschreven companders.

Samenvatting. Na een uiteenzetting van de redenen die tot de toepassing van companders kunnen leiden, volgt een bespreking van hun algemene eigenschappen. De compressiefactor, d.i. de verhouding tussen de in decibels gemeten variaties van ingangs- en uitgangsniveau van de compressor, tracht men steeds zo groot mogelijk te maken. Om praktische redenen kan men veelal geen grotere compressiefactor dan 2 bereiken. Het artikel geeft beschrijvingen van een aantal schakelingen waarmee aanzienlijk grotere compressieverhoudingen kunnen worden bereikt. De beschreven schakelingen zijn in twee groepen ingedeeld. Bij de eerste groep wordt de informatie betreffende de niveauvariaties door het spraaksignaal zelf overgebracht. Bij de tweede dient een afzonderlijk hulpsignaal voor deze overbrenging, die daardoor minder gevoelig wordt voor storingen zoals ruis. Twee van de drie companders van deze laatste groep geven bovendien een bescherming tegen de invloed van spontane dempingsvariaties op het transmissiekanaal tussen compressor en expander. Bij de derde is deze bescherming in beginsel niet aanwezig. Ondanks de veel hogere compressiegraad is echter bij de laatste compander de invloed van spontane dempingsvariaties niet hoger dan bij een factor-2-compander.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Een elektronische rekenmachine als hulpmiddel bij de regeling van het luchtverkeer

R. A. Grijseels

681.14-523.8:656.7

Inleiding

Bij de dienst voor de regeling van het luchtverkeer op het vliegveld Schiphol is men thans bezig met het in bedrijf stellen van een installatie die beoogt, een aantal bij deze verkeersleiding noodzakelijke handelingen te automatiseren. Het hierbij gevolgde systeem is ontworpen door de N.V. Hollandse Signaalapparaten en wordt, op grond van het feit dat in het luchtverkeer het Engels als voertaal is gestandaardiseerd, aangeduid als *Signaal Automatic Air Traffic Control*, of wel, bij afkorting, als *Satco*.

Een van de belangrijkste onderdelen van de nieuwe installatie is een — in duplo aanwezige — elektronische rekenmachine. Alvorens op de bijzonderheden van deze rekenmachine en van de overige apparatuur in te gaan, is het wenselijk, een overzicht te geven van de wijze waarop de regeling van het luchtverkeer thans plaatsvindt. Bij de beschrijving van de nieuwe installatie kan dan blijken, welke veranderingen in de werkwijze zullen optreden.

Hierbij is het nuttig, te beseffen dat de installatie voor de regeling van het burgerluchtverkeer is bedoeld.

De regeling van het burgerluchtverkeer

Zoals gezegd, is in het luchtverkeer het Engels als voertaal gestandaardiseerd. Hierom zullen we van vele gebruikte termen de Engelse vertaling geven en als afkortingen die gebruiken, die op de Engelse benaming zijn gegrond en als zodanig internationaal in gebruik zijn.

Bij internationale overeenkomst is het luchtruim verdeeld in een aantal aaneensluitende vluchtinlichtingengebieden (*Flight Information Regions — FIR*). De regeling van het verkeer binnen elk FIR geschiedt centraal van één punt uit, dat gewoonlijk samenvalt met het voornaamste vliegveld van het gebied. Het Nederlandse FIR omvat het gehele Nederlandse grondgebied plus een deel van de Noordzee, en de verkeersregeling gebeurt van Schiphol uit.

Binnen de FIR's zijn een aantal luchtwegen uitgestippeld, die door een kleur en een nummer worden gekenmerkt. Buiten de luchtwegen zijn de vliegtuigen vrij in hun bewegingen, hoewel de piloten gerechtigd zijn tot het ontvangen van inlichtingen omtrent hun eigen positie en die van andere vliegtuigen. Binnen de luchtwegen zijn de piloten echter gehouden, de instructies van de centrale verkeersleiding te volgen.

De luchtwegen hebben een breedte van 10 zeemijlen en reiken in verticale richting van een hoogte van 3000 voet tot een hoogte van 25 000 voet. Vliegend langs de luchtwegen passeren de piloten op verschillende punten radiobakens, met behulp waarvan zijn hun eigen plaats in de luchtweg kunnen bepalen. Zij zijn gehouden, tijd en hoogte van overvliegen van elk baken aan de verkeersleiding te melden. Elk vliegtuig krijgt zijn vlieghoogte (*Flight Level — FL*) toegewezen; gezien de beperkte nauwkeurigheid van de gebruikte hoogtemeters, moeten deze hoogten voor twee vliegtuigen binnen een zelfde deel van een luchtweg ten minste 1000 voet uit elkaar liggen. Evenzo moet in horizontale richting een minimumafstand worden aangehouden, die internationaal op 10 minuten vliegens is bepaald. In de buurt der vliegvelden staan echter radarinstallaties ten dienste en is het gebruikelijk, de horizontale separatie te beperken.

Er zijn bij de verkeersleiding een drietal functies te onderscheiden, die we nog herhaaldelijk zullen tegenkomen en die daarom hier genoemd moeten worden. Het verkeer binnen het vluchtinlichtingengebied in het algemeen en binnen de luchtwegen in het bijzonder valt onder de algemene verkeersleiding (*Area Control Centre —ACC*). Om de vliegvelden liggen gebieden waarbinnen de vliegtuigen volgens bepaalde procedures dalen. Deze vallen onder de naderingsverkeersleiding (*Approach — APP*), die daartoe gewoonlijk radarhulpmiddelen ter beschikking heeft. Het verkeer op en in de directe omgeving van het vliegveld wordt geregeld van de verkeerstoren (*Tower — TWR*) uit, die uitsluitend visueel kan observeren.

Hulpmiddelen bij de verkeersleiding

Fig. 1 geeft ons een blik in de ruimte voor de algemene verkeersleiding (het ACC) zoals deze vóór de inbedrijfstelling van de hier beschreven installatie was ingericht. Op de tafel in het centrum is een opstand geplaatst, waarvan het linker deel wordt gebruikt bij de regeling van de westelijk van Schiphol gelegen luchtwegen en het rechter deel voor de oostelijke luchtwegen. Voor elke sector is een afzonderlijke verkeersleider aangewezen — op het ogenblik dat de foto genomen werd, waren de beide plaatsen om bijzondere redenen tijde-

Ir. R. A. Grijseels, medewerker van N.V. Hollandse Signaalapparaten, Hengelo.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 1. Een blik in de ruimte voor de centrale verkeersleiding vóór de invoering van de nieuwe installatie. Op de tafel is een opstand geplaatst, die verdeeld is in een aantal vakken, één voor elk meldingspunt binnen het door de verkeersleiding bestreken gebied. In elk vak ligt voor elk vliegtuig dat het desbetreffende meldingspunt binnenkort zal passeren, een strook met vluchtgegevens. Door vergelijking der stroken per meldingspunt kan de verkeersleider zich een oordeel vormen over de kans op het mogelijk optreden van conflictsituaties.

lijk dubbel bezet. Elke verkeersleider heeft een assistent die aan de achterzijde van de tafel is gezeten.

De opstand is in een aantal vakken verdeeld, en wel in evenveel vakken als er bakens binnen het Nederlandse FIR liggen. In elk vak ligt voor elk vliegtuig dat het desbetreffende baken binnenkort zal gaan passeren, een op een metalen houder geplaatste papieren strook met bijzonderheden omtrent de vlucht: vluchtnummer, type vliegtuig, vliegsnelheid, vlieghoogte, te volgen route en vermoedelijke tijd van passeren boven het baken. Door vergelijking van de verschillende stroken kan de verkeersleider zich een indruk vormen van de kans op het ontstaan van conflictsituaties, dat zijn dus situaties waarbij de voorgeschreven minimumseparaties dreigen te worden onderschreden.

De piloot van elk vliegtuig dat van Schiphol wenst te vertrekken dient bij het vluchtinlichtingenbureau (*Flight Information Office — FIO*) een vluchtplan in. De bijzonderheden hiervan worden telefonisch doorgegeven aan de assistent-verkeersleider. Evenzo ontvangt de laatste telefonisch opgave van de verkeersleiding der aangrenzende FIR's omtrent vliegtuigen die het Nederlandse FIR zullen binnenkomen. Op grond van de verstrekte gegevens moet een baanberekening worden uitgevoerd, die uitwijst op welk tijdstip, met welke snelheid en op welke hoogte het vliegtuig de verschillende bakens langs zijn route zal passeren. Voor elk te passeren baken wordt dan een vluchtstrook gemaakt en aan de verkeersleider doorgegeven.

In de gegevens op de vluchtstroken moeten over het algemeen veel wijzigingen worden aangebracht: in de eerste plaats treden nogal eens vertragingen op in de tijden van vertrek of binnenkomst en in de tweede plaats kan de verkeersleider wijziging van het opgegeven vliegplan noodzakelijk achten om conflictsituaties te vermijden. Voor elke wijziging moet de baanberekening worden herzien en worden de gegevens op alle stroken die op de vlucht betrekking hebben, bijgewerkt. Gaat het om een vliegtuig dat niet op Schiphol landt doch slechts overvliegt, dan moeten zowel de verkeersleider West als de verkeersleider Oost hun stroken bijwerken.

Het luchtverkeer blijft in intensiteit toenemen. Daarbij nemen tegenwoordig vliegtuigen met zeer uiteenlopende snelheden en vlieghoogten — toestellen met zuigermotoren en schroefaandrijving, zowel als vliegtuigen met turbinemotoren en straalaandrijving — aan het verkeer deel, waardoor de kans op baankruisingen sterk is vergroot. Het wordt daardoor steeds moeilijker, het eigenlijke leidinggeven aan het verkeer te verenigen met het uitvoeren van de baanberekeningen en het maken en bijhouden van de vliegstroken. De taak van de nieuwe installatie is dan ook, de laatstgenoemde handelingen te automatiseren.

De nieuwe installatie

De nieuwe installatie geeft zowel de verkeersleider West als de verkeersleider Oost de beschikking over een

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 2. Bij de nieuwe installatie krijgt de centrale verkeersleiding de beschikking over een drietal automatische afleesborden. De linker- en rechterborden geven een overzicht over het verkeer in de luchtwegen, het middelste dient o.a. voor de regeling van het verkeer in de nabijheid van het vliegveld. De linker- en rechterborden zijn, evenals de opstand op de tafel van fig. 1, verdeeld in evenveel vakken als er meldingspunten zijn. De stroken binnen deze vakken worden door de rekenmachine automatisch ingesteld. Ook alle wijzigingen die door veranderingen in de aanvankelijk geschatte tijden van vertrek en aankomst optreden, worden automatisch bijgehouden.

automatisch afleesbord. Het zijn respectievelijk het meest linkse en het meest rechtse van de groep die in *fig. 2* is weergegeven. Het front van elk bord is weer in vakken ingedeeld naar het aantal te bewaken bakens, terwijl in elk vak de op de vluchten betrekking hebbende gegevens verschijnen op in stroken gemonteerde automatische afleeseenheden. Voor deze afleeseenheden, waarop we nog nader terugkomen, is een type met elektromagnetische aandrijving gekozen, omdat dit het voordeel biedt dat bij tijdelijk wegvallen van de stroomvoorziening de instelling van deze eenheden niet verandert en dus de vluchtgegevens niet verloren gaan.

Op elke strook zijn de afleeseenheden in twee horizontale rijen boven elkaar geplaatst. We zullen echter in het vervolg zo'n strook kortheidshalve als een „regel" betitelen. Het inschrijven der regels kan uitsluitend onder besturing van de elektronische rekenmachine gebeuren. De afleesborden zijn de voornaamste uitvoerorganen van de rekenmachine; daarnaast zijn als uitvoerorganen een drietal verreschrijvers aanwezig, die de vluchtgegevens op stroken afdrukken en geplaatst zijn bij de naderingsverkeersleiding, op de toren en in het FIO.

De rekenmachine zal geen gegevens omtrent een vlucht uitvoeren dan na een voorafgaande invoer. Het invoeren van gegevens kan gebeuren met behulp van een der verreschrijvers die geplaatst zijn bij de assistent-verkeersleiders, bij de naderingsverkeersleiding, op de toren en in het FIO, of met behulp van het toetsenbord waarover elke verkeersleider aan een automatisch afleesbord beschikt.

Tussen de automatische afleesborden voor de sectoren Oost en West is een derde afleesbord, het *TMA-(Terminal Area)* bord geplaatst. Hierop kunnen, naast regels met automatische afleeseenheden, stroken worden geplaatst, die onder commando van de rekenmachine op een tweetal verreschrijvers worden afgedrukt. De verkeersleider aan het TMA-bord bestrijkt hetzelfde gebied als Approach (APP), waarbij de taakverdeling zodanig is dat de TMA-verkeersleider de tijdschema's en vlieghoogten voor het naderingsgebied vaststelt, terwijl de verkeersleiding in APP over radarhulpmiddelen beschikt om de vliegtuigen — via het radiotelefonisch contact met de piloten — door het naderingsgebied te loodsen. Slechts bij uitvallen van de radarinstallatie valt de laatste taak ook aan de TMA-leider toe. Dit zijn echter bijzonderheden van de bedrijfsvoering waarop wij niet dieper zullen ingaan omdat zij voor de technische beschrijving van de Satco geen belangwekkende gezichtspunten opleveren.

Als laatste valt dan het eigenlijke hart van de installatie, de in duplo aanwezige rekenmachine, te noemen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Deze is in een afzonderlijke technische ruimte opgesteld.

Alvorens de verschillende onderdelen en hun samenhang verder in bijzonderheden te beschrijven, zullen wij eerst nog in het kort weergeven hoe daarmee wordt gewerkt. Daarbij moeten wij onderscheiden tussen vliegtuigen die van Schiphol vertrekken en vliegtuigen die het Nederlandse FIR binnenvliegen om òf op Schiphol te landen, òf over te vliegen en het gebied weer op een ander punt te verlaten.

De piloot van een uitgaand vliegtuig dient zijn vliegplan in bij het FIO, dat dan in het algemeen de bijzonderheden van de vlucht door middel van de tot dat doel aanwezige verreschrijver rechtstreeks in de rekenmachine invoert. Voor een binnenkomend vliegtuig ontvangt de assistent-verkeersleider aan het oost- of westbord de vluchtgegevens telefonisch van de verkeersleider van het aangrenzende FIR. Hij voert deze gegevens dan eveneens met behulp van zijn verreschrijver rechtstreeks in de rekenmachine in. In beide gevallen gaat het daarbij om een eerste, of basisinvoer der vluchtgegevens.

De basisinvoer omvat, in onveranderlijke volgorde, de volgende gegevens:

a. roepnaam van het vliegtuig
b. de letter B, als aanduiding van een basisinvoer
c. het vliegtuigtype
d. vliegveld (uitgaande vlucht) of eerste meldingspunt (binnenkomend vliegtuig)
e. geschatte vertrektijd of geschatte tijd van binnenkomst
f. vlieghoogte volgens plan
g. vliegsnelheid
h. plaats van vertrek
i. te volgen luchtwegen
j. plaats van bestemming
k. meldingspunten
l. sluitteken

Na ontvangst van de basisinvoer is het de taak van de rekenmachine om op het juiste tijdstip de nodige gegevens te doen verschijnen op de automatische afleesborden en op de strokendrukkers van het TMA-bord, bij APP, TWR en FIO. Daar de basisinvoer vaak geruime tijd van te voren geschiedt, als de vlucht voor de verkeersleiding nog niet actueel is, wacht de rekenmachine tot 20 minuten voor de geschatte tijd van vertrek of binnenkomst, voor hij met de verwerking van de gegevens begint.

Is dit tijdstip aangebroken, dan maakt de rekenmachine allereerst een baanberekening, die uit zal wijzen op welke tijdstippen, met welke snelheid en op welke hoogte het vliegtuig de verschillende meldingspunten langs de route zal passeren. Hiertoe maakt de machine gebruik van gegevens over het opgegeven vliegtuigtype, die in een der vaste geheugens zijn opgeslagen en die o.a. de stijg- en daalsnelheden omvatten. Na afloop van de baanberekening kiest de rekenmachine een vrije „regel" in elk der vakken van de afleesborden die op de te passeren meldingspunten betrekking hebben, en stelt de afleeseenheden zodanig in dat de berekende gegevens voor de verkeersleider verschijnen.

Na de baanberekening voert de rekenmachine bovendien een conflictonderzoek uit, d.w.z. hij vergelijkt voor elk te doorlopen baanvak de vluchtgegevens met die van alle andere vliegtuigen in dat baanvak en onderzoekt of daarbij het gevaar aanwezig is dat de voorgeschreven minimumafstanden in horizontale en verticale zin onderschreden worden. Is een conflictsituatie aanwezig, dan gaat een rood lampje knipperen bij de regel, behorende bij het meldingspunt aan het begin van het baanvak waarin de conflictsituatie dreigt op te treden. Door het drukken op een daartoe aanwezige knop kan de verkeersleider op een afzonderlijke regel de roepnaam van het tweede bij het conflict betrokken vliegtuig doen verschijnen.

De verkeersleider beoordeelt of de conflictsituatie inderdaad aanwezig is en brengt zo nodig wijziging aan in de vliegplannen van een of van beide vliegtuigen. Met behulp van het toetsenbord op zijn bedienplaats voert hij de aangebrachte correcties in de rekenmachine in.

Het invoeren van correcties is eveneens nodig wanneer het vliegtuig blijkt te zijn afgeweken van het vliegplan, hetgeen vooral waar het de tijden van vertrek of binnenkomst betreft, nogal eens voorkomt. Bij elke correctie op de vluchtgegevens zal de rekenmachine een nieuwe baanberekening en een nieuw conflictonderzoek uitvoeren en de gewijzigde gegevens op de afleesborden doen verschijnen.

Bouw van de installatie

Zoals wij hebben gezien, omvat de installatie als hoofdonderdelen enerzijds de beide rekenmachines, anderzijds de in- en uitvoerorganen, zijnde de zendende en ontvangende delen der afleesborden en de verreschrijvers voor in- en uitvoer. „In" en „uit" zijn hierbij steeds van de rekenmachines uit gezien.

Bij de keuze van de wijze waarop de genoemde onderdelen met elkaar dienen te worden verbonden, is uitgegaan van de noodzaak, enerzijds de hoeveelheid in- en uitvoerorganen aan een zich wijzigend verkeersvolume te kunnen aanpassen zonder daarbij ingrijpende wijzigingen in de bekabeling te hoeven aanbrengen, anderzijds elke bedrijfsonderbreking bij storing in een der beide rekenmachines te vermijden. Dit heeft geleid tot het verbindingsschema dat in *fig. 3* is weergegeven. Hieruit is te zien dat voor de uitwisseling van berichten een enkel kanaal, het zogenaamde hoofdkanaal, aanwezig is, waarop zowel de in- en uitvoerorganen als de rekenmachines zijn aangesloten. Verder is op het hoofd-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

kanaal nog een centrale synchronisatieschakeling aangesloten.

Het hoofdkanaal omvat een vijftiental aders, die als coaxiale kabeltjes zijn uitgevoerd. Over dit kanaal kan steeds slechts één bericht van of naar één rekenmachine tegelijk worden verzonden. De bestemming der vijftien aders is als volgt:

1 t/m 7	berichtenaders
8 t/m 11	synchronisatie
12	oproep en antwoord
13	storingsmelding
14	reserve
15	bezetader

Organisatie van het berichtenverkeer

Voor een goed begrip van de wijze waarop het berichtenverkeer over het hoofdkanaal is georganiseerd is het nuttig, uit te gaan van het ogenblik waarop de installatie voor het eerst in dienst wordt gesteld. Bij inschakeling der rekenmachines wordt daarin een programmacyclus gestart. Tijdens het eerste deel van deze cyclus onderzoekt elke machine of er voor een der aangesloten uitvoerorganen een uitvoerbericht aanwezig is. Daar dit op het beschouwde ogenblik nog niet het geval kan zijn, treedt dan automatisch het tweede deel van de cyclus in werking, waarin onderzocht moet worden of een der invoerorganen wellicht een invoerbericht voor de rekenmachines heeft.

Dit onderzoek vindt via het hoofdkanaal plaats. Op de synchronisatieaders 8 t/m 11 staat het in *fig. 4* weergegeven impulspatroon, dat in de centrale synchronisatieschakeling wordt opgewekt, en een herhalingsfrequentie van 10^4 Hz heeft. Door dit patroon worden een zestal karakteristieke intervallen t_1 t/m t_6 gevormd. Beide rekenmachines ontvangen dit patroon en voor elke machine is een eigen karakteristiek interval aangewezen, waarin deze machine de spanningstoestand van de bezetader 15, die aangeeft of het hoofdkanaal vrij of bezet is, mag onderzoeken. Vindt een rekenmachine gedurende het hem toegewezen interval de bezetader vrij, dan maakt hij deze ogenblikkelijk door spanningsverandering bezet en maakt daardoor het hoofdkanaal ontoegankelijk voor de andere rekenmachine.

Het onderzoek of een invoerorgaan een bericht voor de machine heeft, vindt nu plaats doordat de laatste over de berichtenaders 1 t/m 7 van het hoofdkanaal achtereenvolgens de roepnummers der verschillende invoerorganen uitzendt. Dat voor het berichtenverkeer zeven aders nodig zijn, vindt zijn verklaring in de omstandigheid dat voor de over te brengen letters en cijfers de internationale vijf-eenheden-telexcode wordt gebruikt. Elke combinatie uit deze code kan als „letter" of als „cijfer" worden gelezen en daarom is hier aan de vijf code-bits nog een extrabit toegevoegd, waarmee wordt aangeduid, of het teken als letter of als cijfer moet worden geïnterpreteerd. Ten slotte wordt aan de zo gevormde combinatie van zes bits nog een zevende, een zg. pariteitsbit, toegevoegd als hulpmiddel bij de controle op het juist overbrengen van elk teken. De zeven bits van elk teken worden niet, zoals bij de verreschrijver, na elkaar over één draad verzonden, doch gelijktijdig over zeven draden. Hierdoor ontstaat tijdwinst.

Voor de roepnummers der invoerorganen worden dezelfde tekens gebruikt als voor de eigenlijke berichten. De invoerorganen kunnen echter de roepnummers als zodanig herkennen, doordat de rekenmachine bij elk teken van zo'n roepnummer aan het begin van het in fig. 4 weergegeven impulspatroon een korte impuls op de oproepader 12 geeft. Heeft een invoerorgaan zijn eigen roepnummer herkend, en heeft het een bericht voor de rekenmachine, dan geeft het nog tijdens het impulspatroon een antwoordimpuls op dezelfde ader 12. Deze antwoordimpuls doet de machine onverwijld ophouden met het zenden van verdere roepnummers en wordt, eveneens zonder verwijl, door het invoerbericht gevolgd. Na ontvangst van het bericht schakelt de rekenmachine zich van het hoofdkanaal af en begint di-

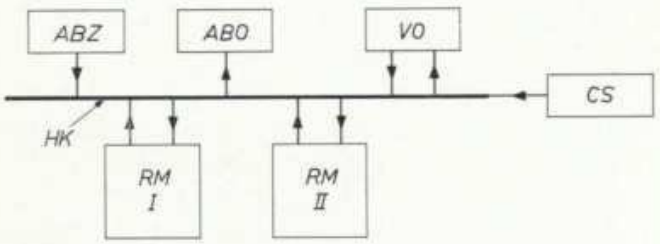


Fig. 3. Schema der verbindingen waarover de gegevens tussen de rekenmachines, de afleesborden en de verreschrijvers worden uitgewisseld. Alle verkeer gaat over een enkel hoofdkanaal, dat slechts door een rekenmachine tegelijk in beslag kan worden genomen. *RM* rekenmachine; *HK* hoofdkanaal; *ABZ* afleesbord, zendend gedeelte; *ABO* afleesbord, ontvangend gedeelte; *VO* verreschrijveroverdrager; *CS* centrale synchronisatie.

Fig. 4. Het hoofdverkeerskanaal uit fig. 3 omvat 15 aders. Op de aders 8 t/m 11 wordt door de centrale synchronisatieschakeling met een frequentie van 10^4 Hz het hier weergegeven impulspatroon herhaald. Dit patroon heeft een aantal karakteristieke intervallen t_1 t/m t_6. Aan elk der twee rekenmachines, die dit patroon voortdurend meelezen, is een eigen karakteristiek interval toegewezen, gedurende hetwelk die machine mag trachten het hoofdkanaal in beslag te nemen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

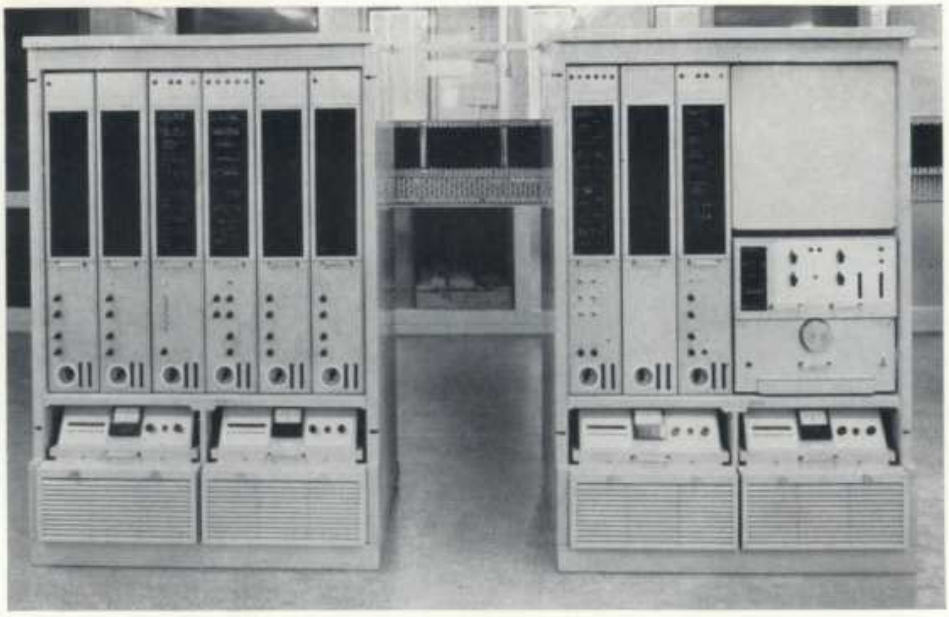


Fig. 5. Elk der beide rekenmachines is in twee kasten ondergebracht. De linker kast bevat de besturing en het rekenorgaan, benevens het reken- en programmageheugen. In de rechter kast bevindt zich het trommelgeheugen. Verder zijn hierin de bufferschakelingen voor de samenwerking met de verreschrijvers ondergebracht.

Op het front der beide kasten is een groot aantal signaallampjes gemonteerd, waarop het verloop der bewerkingen kan worden nagegaan. Bij normale werking gaat dit veel te snel om met het oog te kunnen worden gevolgd. Bij storing stopt de machine echter en wordt het lampenpatroon gefixeerd. Verder is het mogelijk, voor onderzoek een zeer lage klokfrequentie te gebruiken. Het verloop der bewerkingen kan dan wel met het oog worden gevolgd.

rect met de verwerking. De andere rekenmachine krijgt daardoor de gelegenheid, het hoofdkanaal in beslag te nemen en kan dan zijn procedure voortzetten.

Heeft een rekenmachine een bericht voor een bepaald uitvoerorgaan, dan neemt hij op de beschreven wijze het hoofdkanaal in beslag en zendt over de berichtenaders het roepnummer van dit orgaan, om te onderzoeken of het orgaan het bericht kan opnemen. In het bevestigende geval zendt het orgaan een passend terugsignaal, waarna de uitzending van het bericht volgt. Is het orgaan niet vrij, dan schakelt de rekenmachine zich weer van het hoofdkanaal af, om even later een nieuwe poging te ondernemen.

De rekenmachines

De beide aanwezige rekenmachines (zie *fig. 5*) zijn onderling geheel gelijk. Wanneer in het vervolg over „de rekenmachine" wordt gesproken, geldt het gezegde voor beide machines gelijkelijk. De belangrijkste gegevens van de machine zijn in *tabel I* bijeengevoegd.

Zoals in het hoofd van de tabel is aangegeven, gebruikt de machine een decimaal-binaire getallennotatie, d.w.z. dat alle ingevoerde getallen niet in hun geheel, doch per decimaal in de binaire getallennotatie worden overgezet. De decimaal-binaire notatie heeft bij een machine als de onderhavige, waarbij voortdurend zeer veel gegevens in letter- en cijfervorm moeten worden in- en uitgevoerd, het voordeel dat de omzetting van de machinenotatie naar de notatie die door de in- en uitvoerorganen wordt gebruikt, veel sneller kan plaatsvinden. Snelheid van werken is voor een verkeersmachine van essentieel belang om ook bij het optreden van pieken in de verkeersdrukte alle opdrachten zonder merkbare vertraging te kunnen behandelen. De rekensnelheid van de machine is zelfs nog aanzienlijk hoger dan voor het op het ogenblik te verwachten verkeer noodzakelijk is, om bij uitbreiding van het aantal in- en uitvoerorganen niet te snel tot de noodzaak van uitbreiding van de rekenmachinecapaciteit te geraken.

Voor het weergeven van de tien mogelijke waarden van een decimaal zijn vier binaire eenheden of bits nodig. Uit vier bits, die elk de waarde 0 of 1 kunnen hebben, kunnen 16 combinaties volgens *tabel II* worden gevormd. Er is dus een grote mate van vrijheid in de keuze van de gebruikte combinaties. In de Satcorekenmachine is de zg. „extra-drie"-code gekozen [1], waarbij het ranggetal van de gebruikte combinatie steeds 3 hoger is dan de waarde van de voor te stellen decimaal. Deze code heeft het voordeel symmetrisch te zijn ten opzichte van het midden, waardoor voor elke decimaal het complement ten opzichte van 9 kan worden verkregen door verwisseling van nullen en enen. Flipflopregisters kunnen gemakkelijk voor bipolair uitlezen worden ingericht, hetgeen bij de gebruikte code betekent dat steeds zonder verdere omzetting of de decimaal zelf, of zijn complement ten opzichte van 9 kan worden afgelezen. Dit geeft niet alleen een tijdwinst, doch maakt het ook mogelijk, een zelfde optelschakeling zowel voor optellen als aftrekken te gebruiken. Een verder, bijkomstig, voordeel van de extra-drie-code is dat de eerste vijf gebruikte combinaties alle een 0 en de tweede vijf alle een 1 op de eerste plaats hebben staan. Hiervan kan bij afrondingen met voordeel gebruik worden gemaakt.

Uit tabel I kan worden afgelezen dat de getallen waarmee de machine kan rekenen, slechts 5 decimalen lang zijn. De rekennauwkeurigheid is dus niet bijzonder

[1] Zie voor deze en dergelijke codes: R. K. Richards, Arithmetic operations in digital computers, Van Nostrand New York 1956, hfdst. 6.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Tabel I

Belangrijkste gegevens van de rekenmachine. De machine is decimaal-binair (parallel-serie) en is van het 1-plus-1-adrestype.

Woordlengte	
Getallen (vaste komma)	22 bits; 5 decimalen + 1 tekenbit + 1 pariteitsbit
Opdrachten	32 bits; 4 (+ 2) bewerkingsbits; 10 (+ 3) adresbits; 7 modificatiebits; 10 (+ 4) programma-adresbits; 1 pariteitsbit
Klokimpulsfrequentie	660 kHz (basistijd 1,5 μs)
Bewerkingstijden (inclusief gereedmaken van volgende opdracht)	
Optellen en aftrekken	24 μs
Vermenigvuldigen	ca. 300 μs
Delen	ca. 425 μs
Aantal opdrachten per seconde bij een representatief programma	30 000
Geheugens	
Variabel geheugen	Normaal 2048 woorden van 22 bits
Constantengeheugen	Normaal 1024 woorden van 22 bits Voor beide geheugens tezamen maximaal 8192 woorden van 22 bits
Programmageheugen	Normaal 3072 woorden van 32 bits Maximaal 16 384 woorden
Trommelgeheugen	60 000 tekens van 7 bits
Buffergeheugens voor alle in- en uitvoerapparatuur	In- en uitvoersnelheid 10 000 tekens van 7 bits per seconde
Invoer	
Ponsband (5 kanalen)	50 of 75 baud
Verreschrijvers	50 of 75 baud
Klok (werkelijke tijd)	
Invoertoetsenborden	
Uitvoer	
Ponsband	50 of 75 baud
Verreschrijvers	50 of 75 baud
Automatische afleesborden	Voor letters en cijfers 40 tekens van 7 bits per seconde

Tabel II

Ranggetal	Combinatie	Ranggetal	Combinatie
0	0 0 0 0	8	1 0 0 0
1	0 0 0 1	9	1 0 0 1
2	0 0 1 0	10	1 0 1 0
3	0 0 1 1	11	1 0 1 1
4	0 1 0 0	12	1 1 0 0
5	0 1 0 1	13	1 1 0 1
6	0 1 1 0	14	1 1 1 0
7	0 1 1 1	15	1 1 1 1

groot. Aangezien echter in het luchtverkeer snelheden worden aangegeven in mijlen per uur, hoogten in honderden voet en tijden in hele minuten, is deze nauwkeurigheid voor het beoogde doel volkomen voldoende.

Als alle rekenmachines omvat ook deze een aantal geheugens, een besturingsorgaan en een rekenorgaan. Wij zullen daaraan in deze volgorde een aantal beschouwingen wijden.

De geheugens

Elke machine beschikt over twee snelle magneetringgeheugens, te weten een rekengeheugen en een programmageheugen. Verder staan voor gezamenlijk gebruik door de beide machines twee identieke en langzamere magnetische trommelgeheugens ter beschikking. Deze dienen voor het opslaan van de gegevens die betrekking hebben op de in het systeem ingevoerde vluchten.

In afwijking van wat voor rekenmachines voor algemene doeleinden zoals de PASCAL [2] gebruikelijk is, zijn de reken- en programmageheugens hier gescheiden gehouden. Bij machines voor algemeen gebruik wordt het programma steeds voor het begin van de bewerking van de machine ingevoerd, waar het dan in het rekengeheugen pleegt te worden opgeslagen. Bij een machine als de onderhavige is het programma — dat uit een groot aantal subprogramma's is opgebouwd — onveranderlijk, afgezien dan van de wijzigingen die zo nu en dan om bedrijfstechnische redenen nodig blijken. Tijdens de normale werking worden alle subprogramma's talloze malen doorlopen. Bij magneetringgeheugens van het gebruikelijke type wordt bij het uitlezen van een regel de daarin opgeslagen informatie vernietigd, zodat men, om ze niet definitief te verliezen, verplicht is, deze informatie opnieuw in te schrijven. Wanneer, zoals hier, dit uitlezen en inschrijven talloze malen wordt herhaald, is de kans dat daarbij eens een bit verloren gaat — waardoor het programma zijn waarde verliest — niet denkbeeldig.

Deze overwegingen hebben ertoe geleid, voor het programmageheugen een zodanige constructie te kiezen dat bij het uitlezen de informatie niet uit het geheugen verdwijnt, doch daarin latent aanwezig blijft en gemakkelijk kan worden teruggeschreven. Het programmageheugen is uit eenheden van 16 regels opgebouwd. De matrix der 16×32 ringen van zo'n eenheid wordt gemonteerd op een plaat van isolatiemateriaal, waarin tegenover elke ring van de matrix een gat is geponst. Zoals uit *fig. 6* is te zien, kunnen in deze gaten volgens elk gewenst patroon cilindrische pennetjes van ferroxdure worden gezet, die na de montage zodanig permanent worden gemagnetiseerd, dat de onder deze pennetjes liggende ringen in de informatietoestand „0" worden gehouden, ook al wordt bij het inschrijven door

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

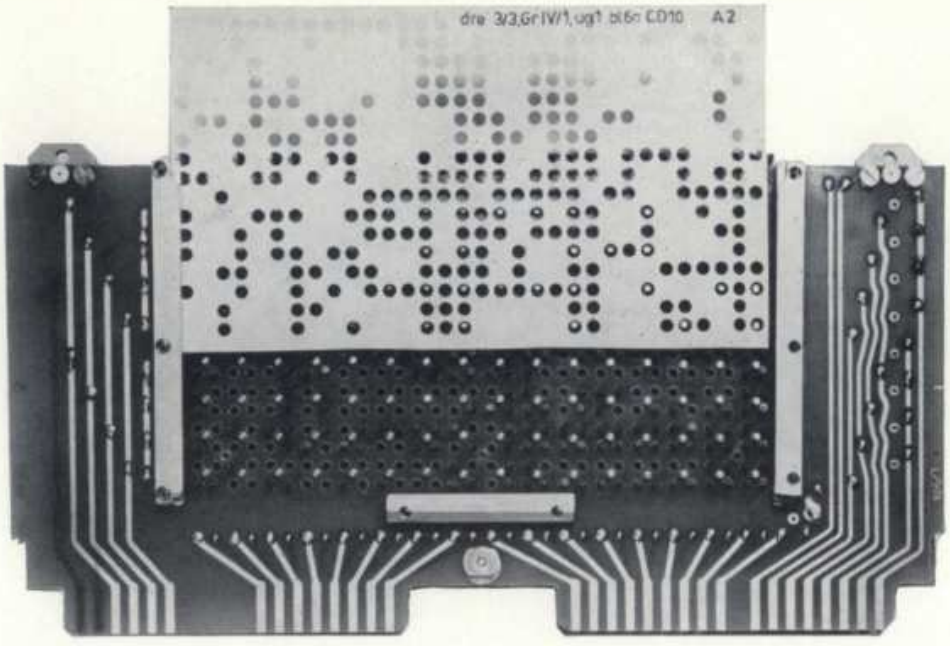


Fig. 6. Het programmageheugen is onderverdeeld in matrices van 16 programmaregels. Een dergelijke matrix ligt tegen de achterzijde van de op de foto zichtbare kaart van hardpapier. In deze kaart is boven elk ringetje van de matrix een gat geponst, waarin een stiftvormig permanent magneetje kan worden geplaatst. Dit is zo gemagnetiseerd dat het ringetje dat eronder ligt, permanent in de toestand „0" wordt gehouden. Wordt er door de, alle ringen doorlopende, inschrijfdraad een stroom gestuurd, dan kunnen alleen de niet voorgemagnetiseerde ringen op „1" worden gezet. Bij uitlezen komen alle ringen op nul, doch de informatie blijft latent aanwezig. De plaatsen waar magneetjes moeten komen worden gevonden met behulp van de eveneens op de foto zichtbare ponskaart.

de inschrijfdraad, die alle ringen van de matrix — en zelfs van een aantal matrices — doorloopt, een stroom gestuurd, die alle ringen in „1" tracht te zetten. Op deze wijze kan de gewenste informatie op elk ogenblik op eenvoudige wijze en zonder kans op fouten worden ingeschreven.

De 16 regels van elke eenheid uit het programmageheugen worden eerst met behulp van een ponsende schrijfmachine van het type *Flexowriter* in acht-eenheden-code in een papieren band geponst. Een speciaal voor dit doel ontworpen vertaalmachine met bijbehorende ponsinrichting vervaardigt met behulp hiervan een geponste kaart van het model zoals in fig. 6 is weergegeven. Deze wordt op de geperforeerde plaat isolatiemateriaal gelegd en bepaalt dan, op welke punten van de matrix ferroxdure-stiftjes moeten worden geplaatst. Door deze werkwijze kan, wanneer het om bedrijfstechnische redenen nodig is veranderingen in het programma aan te brengen, elke geheugenkaart op eenvoudige en betrekkelijk snelle manier worden gewijzigd.

De bijzondere constructie die voor de eenheden van het programmageheugen is gekozen was echter niet de aanleiding om het rekengeheugen daarvan te scheiden. Immers, een gedeelte van het rekengeheugen is benut om daarin een aantal constanten die bij de berekeningen telkens weer worden gebruikt, permanent op te slaan, en voor dit gedeelte van het rekengeheugen is dezelfde constructie gebruikt als voor het programmageheugen. De scheiding der beide geheugens geeft echter een snelheidswinst.

Om dit in te zien moet men voor ogen houden dat elke programmaregel naast een instructie omtrent de uit te voeren bewerking, ook het adres aangeeft van het getal waarop de bewerking moet worden toegepast. Om de bewerking uit te kunnen voeren moet dus dit getal nog worden uitgelezen. Uit overwegingen van elektrische stabiliteit kunnen twee uitleesbewerkingen in hetzelfde geheugen niet willekeurig snel op elkaar volgen. Ze moeten integendeel gescheiden worden door een rustperiode, die een veelvoud is van de tijd die voor het uitlezen zelf nodig is. Vinden dus de beide genoemde uitleesbewerkingen in verschillende geheugens plaats, dan kan men deze rustperiode uitsparen.

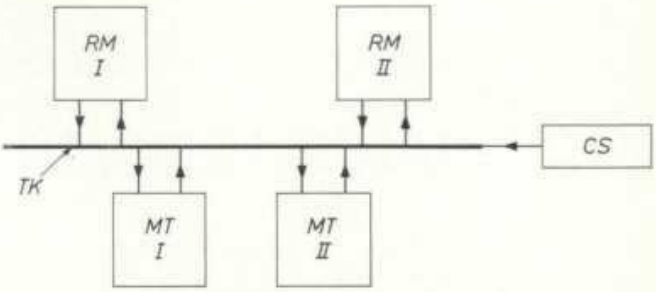


Fig. 7. De gegevens betreffende de in het systeem ingevoerde vluchten worden genoteerd op twee magnetische trommels. Voor de uitwisseling van gegevens tussen de twee rekenmachines en de twee trommels wordt een aan fig. 3 analoog schema met gemeenschappelijk trommelkanaal gebruikt. *RM* rekenmachine; *MT* magnetische trommel; *CS* centrale synchronisatie.

De beide — naar constructie en functie identieke — magnetische geheugentrommels zijn niet in de rekenmachines zelf opgenomen. De magnetische trommels zijn van hetzelfde type met zwevende koppen als in de PASCAL-rekenmachine [2] zijn toegepast. Voor de onderlinge verbinding der trommels en machines is het, aan fig. 3 analoge, schema van *fig. 7* toegepast. Hieruit is te zien dat er een trommelkanaal is aangebracht, waarover steeds slechts één rekenmachine met een trommel tegelijk verkeren kan.

[2] W. Nijenhuis, De PASCAL, een zeer snelle digitale elektronische rekenmachine voor Philips' Rekencentrum, Philips techn. T. **23**, 1-19, 1961.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Op de magnetische trommels worden de basisgegevens en vele daaruit door de machine berekende waarden, betrekking hebbende op alle in het systeem ingevoerde vluchten, genoteerd. Voor elke vlucht is op de trommel een volledig spoor beschikbaar. In totaal zijn hiervoor 100 sporen gereserveerd. Daarnaast zijn 20 sporen in gebruik voor het noteren van gegevens die het snel terugvinden van een bepaalde vluchtinformatie vergemakkelijken. Verder worden er nog vier sporen voor synchronisatiedoeleinden gebruikt. Per spoor— dat is dus per vlucht — kunnen 500 tekens worden genoteerd. Zoals reeds gezegd, worden voor de notatie van elk teken 7 bits gebruikt, zodat elk spoor een capaciteit van 3500 bits heeft. De tijd van 1 omwenteling is 13 ms.

Elke rekenmachine noteert de vluchtgegevens achtereenvolgens op beide trommels. Bij het aflezen wendt de machine zich beurtelings tot de ene en tot de andere trommel. Is de gekozen trommel defect, dan wordt in plaats daarvan de tweede gekozen en voor de eerste een defect-alarm gegeven. Door deze organisatie is elke trommel een volledige reserve voor de andere en veroorzaakt het onklaar raken van een van de twee geen stagnatie.

De besturing

Behalve het eigenlijke rekenwerk verricht de machine een zeer groot aantal organisatorische functies voor elk waarvan een subprogramma aanwezig is. Dit betekent dat de machine zeer vaak een logische beslissing moet nemen, die de verdere voortgang van het programma bepaalt. Er moet dus tijdens het uitvoeren van een bepaalde bewerking vaak worden gesprongen in het programma en de machine is er daarom op ingericht om dit gemakkelijk te kunnen doen.

Voor het maken van sprongen in het programma is de inrichting als een-plus-een-adres-machine gunstig. Deze inrichting houdt in dat elke opdracht die uit het programmageheugen wordt afgelezen, behalve het adres in het rekengeheugen waarop de aangegeven bewerking betrekking heeft, het adres bevat van de volgende opdracht die uit het programmageheugen moet worden afgelezen. Het is dus niet nodig, opeenvolgende opdrachten op opeenvolgende regels in het geheugen te noteren. Men kan daardoor gemakkelijk bepaalde plaatsen in het programma openhouden op zodanige wijze dat, wanneer voor het maken van een sprong het programma-adres moet worden gewijzigd, deze wijziging zeer eenvoudig, b.v. door wijziging van één bit op een vaste plaats in het adres kan worden verkregen.

In het schema van *fig. 8* zijn de hoofddelen van de besturing weergegeven. Van de 32 bits van elke programmaregel dient er één als pariteitsbit voor controle op de juistheid van de ingeschreven regel. De overige 31 bits worden bij uitlezen van de regel overgenomen in een viertal flipflopregisters. De eerste vier bits geven de bewerking aan en het desbetreffende register bevindt zich dan ook in werkelijkheid in het rekenorgaan. De volgende 10 geven het adres in het rekengeheugen aan waarop de bewerking betrekking heeft. Het volgende register neemt de 7 modificatiebits op, waarop wij nog nader terugkomen. Ten slotte worden de laatste 10 bits, waarmee het adres van de volgende af te lezen programmaregel wordt aangeduid, in het $p\alpha$-register opgenomen.

De inhoud van het $p\alpha$-register wordt overgeschreven naar het $p\beta$-register. Dit is nodig, omdat bij het uitlezen van de door deze inhoud aangeduide programmaregel de inhoud van het $p\alpha$-register gewijzigd wordt. In de figuur is te zien dat het $p\beta$-register vier bits groter is dan het $p\alpha$-register. Bij bestudering van tabel I blijkt dat het aantal bits voor het programma-adres als $10(+4)$ is aangegeven. Deze notatie komt voort uit de omstandigheid dat het programmageheugen is verdeeld in eenheden van $2^{10} = 1024$ regels. De programma's worden zo ingericht dat opeenvolgende opdrachten zo lang mogelijk binnen één geheugeneenheid worden genoteerd, en zo lang dit het geval blijft, kan met 10 bits voor de aanduiding van de gewenste regel worden volstaan. De eerste vier bits uit het $p\beta$-register zijn daarbij onveranderlijk. Slechts wanneer het nodig is naar een ander blok van 1024 regels over te springen, is verandering van deze vier bits nodig. Deze verandering wordt dan verkregen door vier van de zeven modificatiebits naar dit deel van het $p\beta$-register te dirigeren.

Door deze kunstgreep, die ook bij het rekenadres en bij de aanduiding van de gewenste bewerking is toegepast, is het mogelijk geweest, het totale aantal bits per regel van het programmageheugen tot 32 te beperken. Deze mogelijkheid werd geboden door de omstandigheid dat de modificatiebits niet bij elke opdracht nodig zijn.

De modificatiebits worden zo genoemd omdat zij gebruikt worden bij het aanbrengen van wijzigingen in de programma- en rekenadressen. Wijziging van het rekenadres kan wenselijk zijn om een bepaalde programmacyclus achtereenvolgens op verschillende getallen uit het rekengeheugen toe te kunnen passen. Voor dit doel zijn een drietal index-registers *I*, *II* en *III* aanwezig, waarvan de inhoud, onder besturing van de gegevens uit het modificatieregister, gecombineerd kan worden met de laatste zes bits van het rekenadres, om zo een nieuw rekenadres te vormen.

Wijzigingen („sprongen") in het programma-adres kunnen rechtstreeks afhankelijk worden gemaakt van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

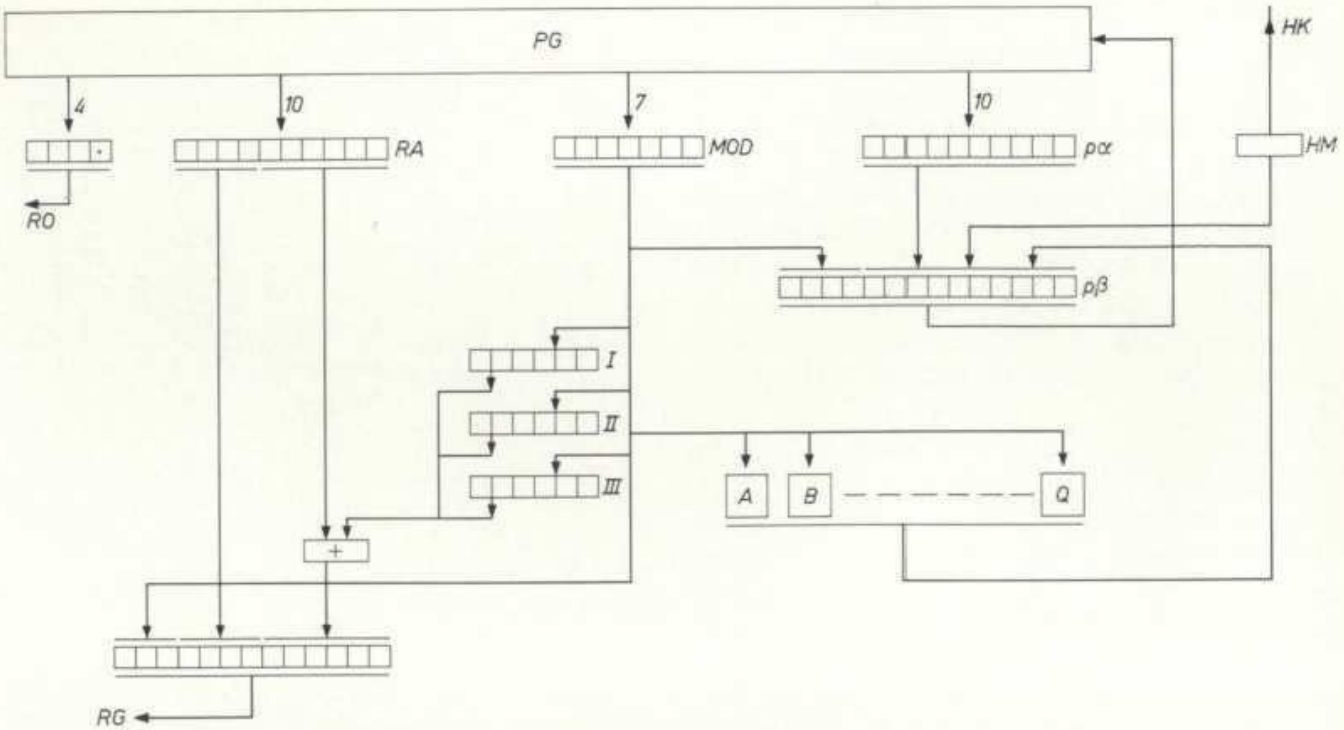


Fig. 8. Vereenvoudigd schema van de besturing van een rekenmachine. De verklaring wordt in de tekst gegeven. *PG* programmageheugen; *RO* rekenorgaan; *RA* rekenadres; *Mod* modificatiebits; *pα* programma-adresregister; *pβ* programmaregister; *HK* hoofdkanaal; *HM* herkenningsmatrix; *I, II, III* modificatieregisters; *RG* rekengeheugen; *A* t/m *Q* beslissingsflipflops.

bepaalde uitkomsten, verkregen door het rekenorgaan (directe sprong), òf deze uitkomst bepaalt eerst na afwerking van een verder deel van het programma of er moet worden gesprongen of niet (uitgestelde sprong). In dit geval wordt de uitkomst uit het rekenorgaan tijdelijk vastgelegd in een der flipflops *A* t/m *Q*.

De flipflops *A* t/m *Q* kunnen ook rechtstreeks met behulp van de gegevens uit het modificatieregister worden ingesteld. Hiervan wordt b.v. gebruik gemaakt als twee, overigens verschillende, programma's *X* en *Y* een zekere programmacyclus gemeen hebben. Bij het begin van het gemeenschappelijke deel wordt dan een der flipflops *A* t/m *Q* zodanig ingesteld dat aan het eind het programma op de juiste wijze wordt voortgezet.

Elke door de machine uitgevoerde programmacyclus wordt ingeleid door een invoerbericht. In de kop van elk invoerbericht is een karakteristiek teken opgenomen dat de aard van het bericht en daarmee de aard van de uit te voeren bewerking aangeeft. Dit karakteristieke teken wordt van het hoofdkanaal *HK* toegevoerd aan een herkenningsmatrix *HM*, die het teken na herkenning rechtstreeks in het *pβ*-register plaatst. Dit adres bepaalt dan de eerste opdracht van de uit te voeren programmacyclus.

Het rekenorgaan

In het rekenorgaan zijn geen beginselen toegepast die niet van andere, bestaande rekenmachines bekend zijn. Wij zullen dan ook geen details van dit orgaan bespreken, doch slechts toelichting geven op het vermelde in het hoofd van tabel I, dat de machine volgens het parallel-serie-beginsel werkt. Dit houdt in dat bij optelling — waartoe alle uitgevoerde bewerkingen kunnen worden herleid — de verschillende decimalen de een na de ander aan de beurt komen, doch dat per decimaal de optelling der binaire eenheden waarin de decimaal wordt genoteerd, gelijktijdig plaats heeft.

Het in- en uitvoeren van gegevens

De rekenmachines kunnen zowel via het hoofdkanaal als via het trommelkanaal gegevens in- en uitvoeren. Hierbij doet zich een probleem voor, dat samenhangt met de omstandigheid dat in de installatie als geheel een aantal verschillende klokfrequenties worden gebruikt. In tabel I is aangegeven dat de klokfrequentie voor de rekenmachine 660 000 Hz is, overeenkomende met een basistijd van 1,5 μs. Dit wil zeggen dat de kortste voorkomende tijd tussen twee opeenvolgende toestandsveranderingen binnen de machine, wanneer deze met een rekenbewerking bezig is, 1,5 μs bedraagt.

De toepassing van dergelijke korte schakeltijden voert natuurlijk tot een aantal bijzondere eisen, o.a. tot de eis dat de bedradingscapaciteiten tot een minimum moeten worden beperkt. Voor het hoofdkanaal, waarover de gegevens van en naar de afleesborden en de verreschrijvers moeten worden getransporteerd, kan aan deze eis niet in dezelfde mate worden tegemoet ge-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

komen als dit binnen de rekenmachine mogelijk is. Uit praktische overwegingen worden de rekenmachines en de genoemde in- en uitvoerorganen in verschillende ruimten opgesteld. De daarbij te overbruggen afstand is afhankelijk van de architectonische indeling van het ter beschikking staande gebouw. Het ontwerp van de installatie is berekend op een maximaal te overbruggen afstand van 300 m, en de vertraging veroorzaakt door de coaxiale kabels van het hoofdkanaal en door de aangesloten organen is daarbij zodanig dat een lagere klokfrequentie dan die van de rekenmachine moet worden toegepast.

De klokfrequentie op het hoofdkanaal is echter nog zeer aanzienlijk hoger dan de frequenties die bij de instelling van de elektromagnetische afleeseenheden op de afleesborden en bij die van de verreschrijvers toelaatbaar zouden zijn. Om die reden zijn dan ook tussen de afleesborden en de verreschrijvers enerzijds, en het hoofdkanaal anderzijds, zg. bufferschakelingen aangebracht. Heeft een rekenmachine b.v. een uitvoerbericht voor een afleesbord, dan wordt dit bericht, met de snelheid die bepaald wordt door de klokfrequentie van het hoofdkanaal, naar de bufferschakeling van dit bord overgeseind. Na ontvangst van het volledige bericht schakelt het bufferorgaan over op een klokfrequentie die door een interne generator wordt bepaald en die is aangepast aan de snelheid waarmee de organen van het afleesbord kunnen worden ingesteld.

Het wisselen van klokfrequentie doet zich ook voor in het verkeer over het trommelkanaal. Wij willen daarvan geen verdere details vermelden, doch liever wijzen op een probleem dat zich in alle genoemde gevallen voordoet. Dit probleem vloeit voort uit de omstandigheid dat bepaalde schakelingen — b.v. impulstellers — achtereenvolgens door schakelimpulsen met zeer sterk verschillende frequenties moeten worden bestuurd. Deze schakelimpulsen worden bovendien opgewekt door generatoren die niet gesynchroniseerd zijn. Er is daarom bijzondere zorg vereist om te voorkomen dat er bij de omschakeling impulsen worden „doorgeknipt".

Hiervoor wordt een schakeling toegepast die in beginsel in *fig. 9* is weergegeven. Onder het schema staan de impulspatronen, die aan de aders A_1, A_2 en B_1, B_2 worden toegevoerd. Deze impulspatronen zijn niet in faze aan elkaar gerelateerd en moeten naar believen naar de aders D_1, D_2 kunnen worden doorgegeven. Het commando tot omschakelen wordt via de aders C_1, C_2 gegeven. Als C_1 „hoog" is, moet patroon A, en als C_2 hoog is, moet patroon B worden doorgegeven. NP_1 t/m NP_6 zijn paren „en"-poorten, waarvan de uitgangen hoog worden als alle ingangen gelijktijdig hoog zijn, en OP is een paar „of"-poorten, waarvan de uitgangen hoog worden als één der beide ingangen hoog is. H_1 t/m H_4 zijn flipflopschakelingen. Deze worden

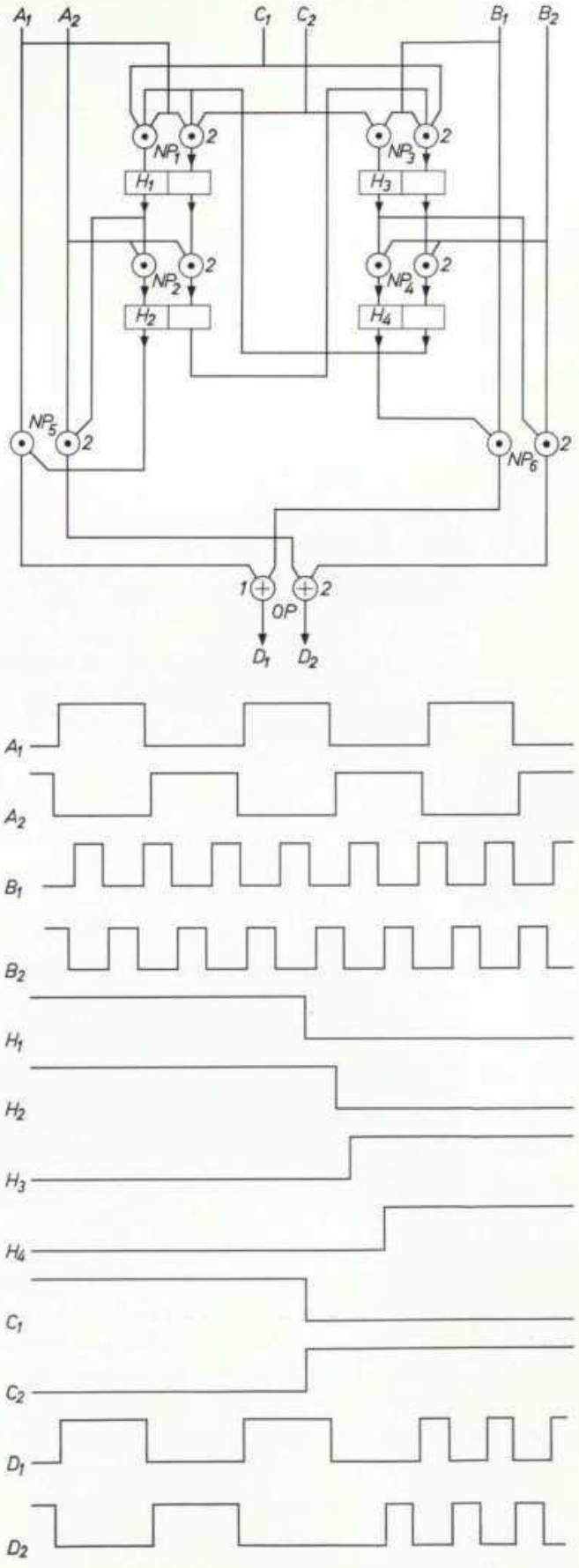


Fig. 9. Beginsel van een schakeling die wordt toegepast om klokimpulsen uit twee bronnen A en B naar believen aan een uitgang D te kunnen toevoeren, zonder bij de omschakeling het gevaar te lopen dat of uit de A- of uit de B-reeks een impuls wordt doorgeknipt. Een verklaring van de werking wordt in de tekst gegeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

verondersteld „op" te zijn als de linker uitgangen „hoog" zijn gemaakt door aan de linker ingang een impuls toe te voeren.

Het onder de schakeling weergegeven impulsschema gaat uit van de veronderstelling dat C_1 hoog is en dat H_1 en H_2 op zijn. De rechter ingangen van NP_5 zijn dan hoog, zodat de A-impulsen via OP naar D_1 en D_2 doorlopen. Wordt nu op een willekeurig gekozen ogenblik C_2 hoog in plaats van C_1, dan zal de eerstvolgende A_1-impuls via $NP_1{}^2$ flipflop H_1 afzetten. Dit beïnvloedt $NP_5{}^1$ niet, zodat impuls A_1 nog geheel doorgaat, doch wel wordt de rechteringang van $NP_5{}^2$ laag, zodat de volgende A_2-impuls niet meer doorgaat. Deze laatste impuls zet echter wel via $NP_2{}^2$ flipflop H_2 af en sluit daarmee $NP_5{}^1$.

Doordat nu H_2 af is en C_2 hoog, kan de eerstvolgende (gehele of gedeeltelijke) B_1-impuls via $NP_3{}^1$ flipflop H_3 opzetten. H_4 blijft echter nog af, zodat impuls B_1 niet via $NP_6{}^1$ door kan gaan. Wel wordt de linker ingang van $NP_6{}^2$ hoog, zodat de nu volgende B_2-impuls meteen doorloopt. Tevens zet deze impuls H_4 op en opent daarmee $NP_6{}^1$ voor de volgende B_1-impuls. De A-reeks eindigt dus steeds met een gehele A_1-impuls, terwijl de B-reeks steeds met een gehele B_2-impuls begint.

Het afleesbord

Fig. 10 geeft nog eens in detail een der vakken van het afleesbord van fig. 2 weer. De tekens die op de regels der afleesborden verschijnen, kunnen elk afzonderlijk worden ingesteld met behulp van een eenheid, zoals in *fig. 11* is afgebeeld. Over twee rolletjes loopt een bandje zonder eind, waarop alle voorkomende tekens — tot een maximum van 39 — zijn gedrukt. Een der beide rolletjes wordt met behulp van een pal en palrad aangedreven door een elektromagneet, die bij aantrekken het bandje een teken verder schakelt.

Om te kunnen vaststellen in welke stand het bandje staat, is in de rand daarvan een aantal uitsparingen aangebracht. Door deze uitsparingen kunnen een zevental borsteltjes vallen, en de combinatie van de door deze borsteltjes gemaakte contacten wijst op elk ogenblik de stand van het bandje aan.

Voor de stapsgewijze voortschakeling van het bandje wordt de elektromagneet bekrachtigd met enkelfazig gelijkgerichte wisselstroom van 50 Hz. Het bandje wordt dus elke 20 ms een teken opgeschoven en in minder dan 0,8 s is het geheel rond. De stroom door de magneetwikkeling verloopt als in *fig. 12* weergegeven. Op de punten A, A_1, A_2, . . . zet de bekrachtiging in, op de punten B, B_1, B_2, . . . is het anker weer tot rust gekomen. Na elke stap staat het bandje dus stil van B tot A_1, van B_1 tot A_2, enz. Gedurende deze rustperiode wordt de stand van de zeven contactborsteltjes van de

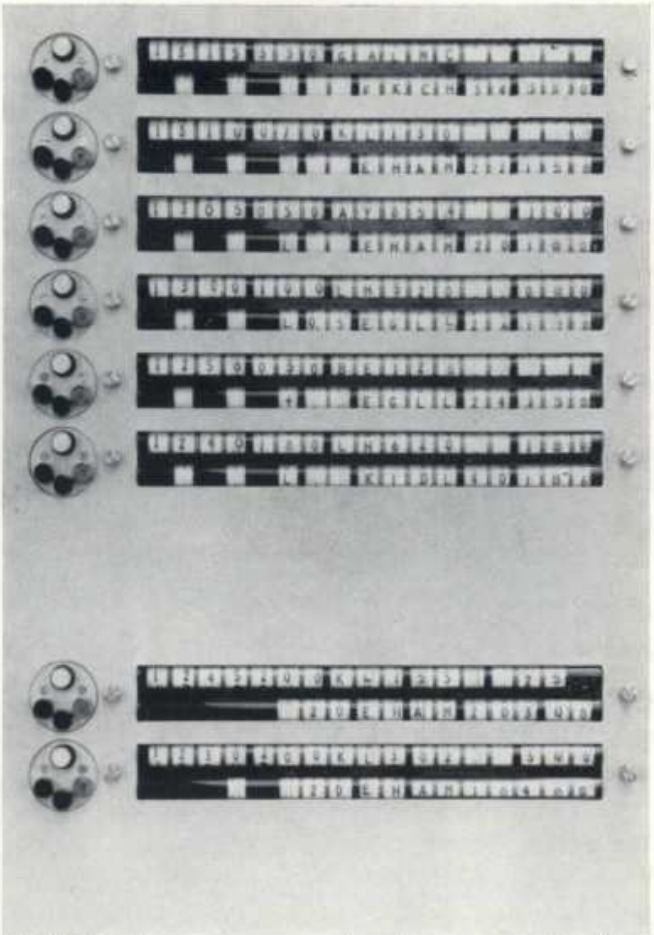


Fig. 10. Detailfoto van een paneel van het automatische afleesbord, waarop de afzonderlijke afleeseenheden der verschillende regels zijn te zien.

Fig. 11. Afleeseenheid in gemonteerde en in gedemonteerde toestand. De letters en cijfers zijn gedrukt op een bandje zonder eind, dat elektromagnetisch wordt aangedreven. In de rand van het bandje zijn uitsparingen aangebracht volgens een gecodeerd patroon. Door deze uitsparingen kunnen een zevental borsteltjes vallen, en uit de combinatie der gesloten contacten kan de stand van het bandje elektrisch worden geverifieerd.

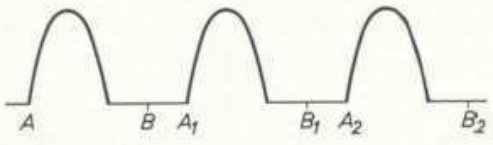


Fig. 12. De magneetspoel van de automatische afleeseenheid uit fig. 11 wordt bekrachtigd met enkelfazig gelijkgerichte wisselstroom. Op de punten A, A_1, A_2, . . . wordt de bekrachtiging ingeschakeld, op de punten B, B_1, B_2, . . . is het schakelwerk weer tot rust gekomen. In de perioden BA_1, B_1A_2, enz. wordt met behulp van de zeven codecontacten van de eenheid gecontroleerd of het bandje de gewenste stand reeds bereikt heeft.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

afleeseenheid vergeleken met de, in de besturing vastgelegde, combinatie die met het verlangde teken overeenkomt. Wordt overeenstemming geconstateerd, dan wordt de bekrachtiging uitgeschakeld.

Op elk afleesbord kan slechts één regel tegelijk worden ingesteld; de 31 afleeseenheden van een regel worden echter alle tegelijk bekrachtigd. Om de bedrading naar de bekrachtigingsspoelen overzichtelijk te houden, is de schakelmatrix van *fig. 13* gevormd. Ten einde de 31 schakelmagneten van een regel in te schakelen, moet op één horizontaal de regelschakelaar worden gesloten, en moeten alle verticalen via een flipflopschakelaar aan aarde worden gelegd. Naarmate de verschillende afleeseenheden de gewenste stand bereiken, worden door de bovengenoemde vergelijkingsschakeling de flipflopschakelaars *ES* onderbroken. Als alle eenheden zijn ingesteld, wordt ook de regelschakelaar weer geopend.

De eis van een overzichtelijke bedrading geldt in verhoogde mate voor de aansluiting van de zeven controlecontacten per afleeseenheid. Ook hiervoor is een matrix gevormd, die in *fig. 14* is weergegeven. Bij inschakeling van de bekrachtiging worden alle borstelcontacten van een regel door een tweede contact van de regelschakelaar aan één zijde aan aarde gelegd. De andere zijden der contacten zijn met de verticalen verbonden. Alle zeven verticalen van een enkele afleeseenheid worden via een zevenvoudige elektronische schakelaar verbonden met de reeds genoemde vergelijkingsschakeling. Deze elektronische schakelaar heeft 31 standen en zoekt in de tijd, dat de bandjes der afleeseenheden stil staan, alle 31 afleeseenheden van de regel af. Na elke stap die de afleeseenheden doen wordt dus van alle stuk voor stuk gecontroleerd, of ze de juiste stand reeds hebben bereikt.

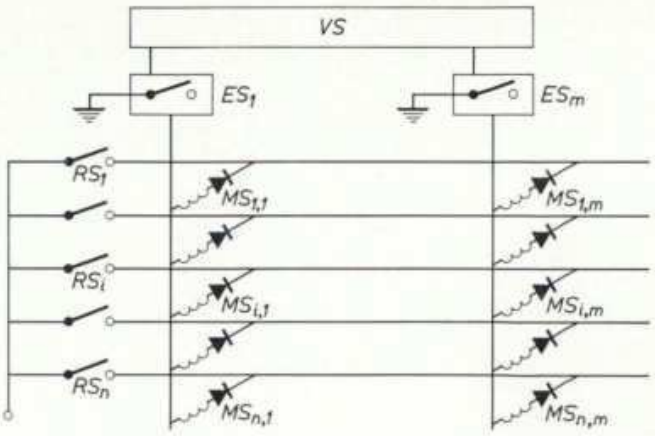


Fig. 13. De magneetspoelen *MS* van alle afleeseenheden op de automatische afleesborden zijn opgenomen in een schakelmatrix. Wanneer de eenheden van regel *i* moeten worden gestart, wordt schakelaar RS_i gesloten en tevens alle elektronische schakelaars ES_1 t/m ES_m van de *m* eenheden van een regel. De schakelaars *ES* ontvangen hun bekrachtiging uit een vergelijkingsschakeling *VS*, die deze schakelaars opent naarmate de eenheden de gewenste stand bereiken. Zijn alle eenheden ingesteld, dan opent de regelschakelaar zich ook weer.

Maatregelen ter verhoging van de betrouwbaarheid

Wanneer men bij de regeling van het luchtverkeer een automatische installatie als de Satco wil inschakelen, vereist de veiligheid van dit verkeer dat men aan de betrouwbaarheid van die installatie de allerhoogste eisen stelt. Hierbij verdienen twee verschillende aspecten van het begrip betrouwbaarheid de aandacht.

In de eerste plaats dient de kans dat de installatie als geheel door het onwerkzaam worden van een onderdeel of van een groep onderdelen buiten dienst wordt gesteld, zo klein mogelijk te zijn. Daarnaast moet zoveel mogelijk worden voorkomen dat de installatie door in- of uitwendige oorzaken foutieve resultaten produceert.

Wat het eerste aspect betreft, ligt het voor de hand dat aan de keuze van de gebruikte onderdelen, en van de omstandigheden waaronder deze worden gebruikt, bijzondere aandacht is gewijd. Zo zijn de voedingsspanningen niet alleen gestabiliseerd, doch er zijn in de verschillende onderdelen waarin de installatie is verdeeld, voor deze spanningen afzonderlijke bewakingsschakelingen aangebracht. In elk dezer onderdelen is bovendien een alarmschakeling aanwezig, die in werking treedt als de temperatuur in dat onderdeel een vastgestelde waarde overschrijdt.

Zoals wij reeds hebben gezien, zijn zowel de rekenmachines als de magnetische geheugentrommels in duplo aanwezig. De zo gevormde reserve is steeds in werking, zodat niet de kans bestaat dat de reserve op het ogenblik dat er een beroep op wordt gedaan, niet zou blijken te functioneren.

De hier aangegeven beginselen zijn op de proef gesteld in een Satco-installatie van eenvoudiger vorm, die reeds sinds januari 1961 onafgebroken in dienst is. Hierbij is gebleken dat de gemiddelde tijd tussen twee opeenvolgende onwerkzame periodes (*Mean Time Between Failures*) de 1000 uren overschrijdt.

De zorg voor het tweede aspect van de betrouwbaarheid, het voorkomen dat de installatie foutieve resultaten produceert, vereist maatregelen van een geheel ander karakter. Men moet zich daarbij wapenen, niet alleen tegen niet-systematische fouten in de schakelingen van rekenmachines, geheugentrommels en in- en uitvoerorganen, doch ook tegen de mogelijkheid dat de verkeersleiders zich bij het invoeren van gegevens in de installatie vergissen.

In beginsel verschaft de aanwezigheid van twee identieke rekenmachines de mogelijkheid, elke bewerking door beide machines te doen uitvoeren en daarna de resultaten te vergelijken. Een dergelijke werkwijze heeft echter het grote nadeel dat daarbij meer dan de dubbele hoeveelheid apparatuur in werking treedt — twee rekenmachines plus de vergelijkingsapparatuur —

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

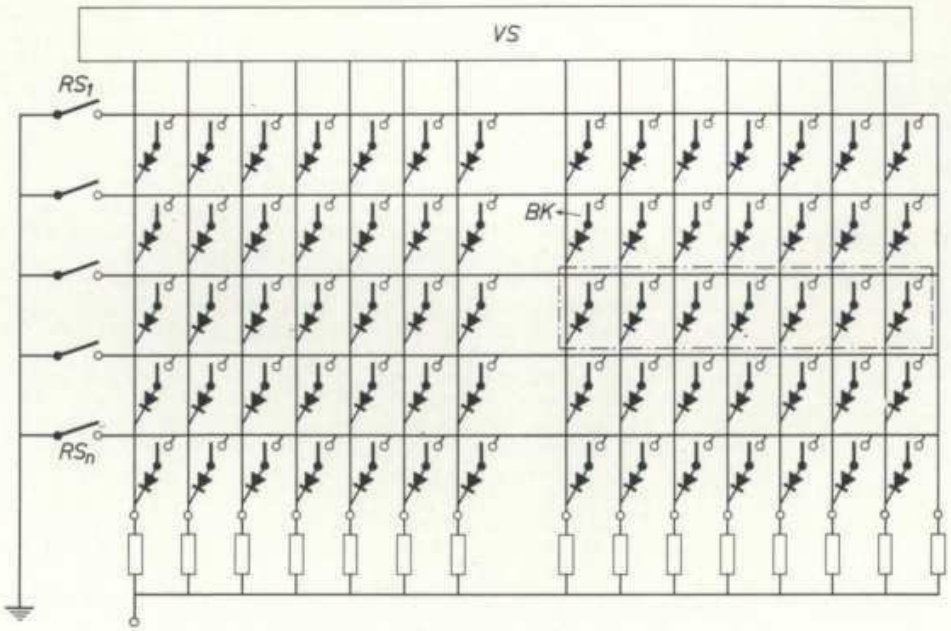


Fig. 14. Evenals de magneetspoelen, zijn ook de borstelcontacten *BK* van alle afleeseenheden opgenomen in een schakelmatrix. Als een der regelschakelaars *RS* wordt gesloten, kunnen de borstelcontacten van de afleeseenheden van de overeenkomstige regel de verticalen aan aarde leggen, die met de vergelijkingsschakeling *VS* zijn verbonden. In de vergelijkingsschakeling bevindt zich een zevenvoudige schakelaar met evenveel standen als er eenheden in een regel zijn, die telkens een groep van zeven borstelcontacten (een ervan is met een streep-stiplijn omrand) tegelijk doorverbindt. Blijkt uit de combinatie van geaarde verticalen dat de desbetreffende eenheid de gewenste stand heeft bereikt, dan opent de vergelijkingsschakeling de schakelaar *ES* uit fig. 13.

en dus de kans op fouten principieel twee maal zo groot wordt. Bovendien is de ene rekenmachine niet meer als een volledige reserve voor de andere te beschouwen, omdat bij uitvallen van een der twee de vergelijkingsmogelijkheid ook wegvalt. Ten slotte geeft de genoemde methode aanleiding tot snelheidsverlies. Bij vele bewerkingen moeten b.v. gegevens van de magnetische trommels worden afgelezen en de hiervoor nodige tijd is afhankelijk van de toevallige stand van de trommel op het ogenblik dat de afleesinstructie wordt gegeven. Daardoor zijn ook de bewerkingstijden niet constant en de noodzaak tot vergelijken zou de installatie ertoe nopen, altijd te wachten tot de machine met de langste bewerkingstijd zijn resultaat gereed had.

De mogelijkheid tot vergelijking van resultaten is verder alleen aanwezig wanneer duplicering van apparatuur wenselijk en bovendien praktisch uitvoerbaar is. Dit laatste geldt b.v. niet voor de gecompliceerde elektronische apparatuur die bij de automatische afleesborden behoort.

Op grond van de genoemde overwegingen is de controle op de juiste werking van de installatie voor een belangrijk deel gebaseerd op het gebruik van pariteitsbits. Verder zijn een aantal speciale controleschakelingen ingevoerd, en ten slotte is een deel van het programma eraan gewijd.

Bij de bespreking van de code die voor de overbrenging van tekens over het hoofdkanaal wordt gebruikt. hebben wij reeds gezien dat van de zeven bits per teken er zes voldoende zijn om het teken zelf te definiëren, terwijl de zevende bit uitsluitend dient om het aantal enen in alle gevallen oneven te maken. Het foutief overbrengen van een bit zal er altijd toe leiden dat het totale aantal enen van een teken even wordt. Deze fout is op eenvoudige wijze te constateren.

Deze pariteitscontrole vindt bij alle stadia in de bewerking van een gegeven opnieuw plaats. Wordt een getal in het geheugen genoteerd, dan controleert de geheugenschakeling teken voor teken de pariteit. Wordt later hetzelfde getal uit het geheugen in een register van de besturing overgenomen, dan vindt opnieuw pariteitscontrole plaats. De controle is, doordat zij bij elke stap in de bewerking herhaald wordt, veel intensiever dan wanneer ze slechts aan het eind van de volledige bewerking plaatsvindt. Daarbij komt dat het onderbreken van de bewerking bij het constateren van een fout nu in elk stadium plaats kan vinden, waardoor het falende onderdeel van de installatie veel sneller kan worden gevonden.

Als voorbeeld van een geval waarin bijzondere controlemaatregelen nodig zijn, moge de codevertaling worden genoemd. Wij hebben gezien dat cijfers over het hoofdkanaal in een zeveneenhedencode, afgeleid van de internationale vijfeenhedentelexcode, worden overgebracht, terwijl in de rekenmachine elke decimaal met behulp van vier eenheden in de extra-drie-code wordt genoteerd. Elk via het hoofdkanaal ontvangen cijfer wordt daarom eerst in een zeveneenheden-register genoteerd, passeert daarna een codevertaler en komt dan terecht in een rekenregister met een eigen pariteitsbit.

Tussen de pariteiten der codegroepen voor en na de vertaling bestaat geen relatie, zodat na de vertaling de waarde van de pariteitsbit opnieuw moet worden bepaald. De vertalers zijn nu zo opgebouwd dat de nieuwe codegroep en de nieuwe pariteitsbit door gescheiden schakelingen rechtstreeks uit de ingevoerde codegroep worden afgeleid. Werkt een van beide schakelingen foutief, dan wordt dit bij de eerstvolgende pariteitscontrole opgemerkt.

Een tweede voorbeeld van een bijzondere controle-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

maatregel vinden we bij de bufferschakelingen der verreschrijvers die voor het invoeren van gegevens in de rekenmachines worden gebruikt. De bufferschakeling ontvangt de tekens uit het zendende deel van de verreschrijver met de snelheid die de machine eigen is en slaat deze tekens in een aantal registers op. Is het bericht compleet dan wordt verbinding met de rekenmachine gezocht en gaat het bericht met de voor het hoofdkanaal bepaalde snelheid uit.

Elk teken dat de bufferschakeling uit het zendende deel van de verreschrijver ontvangt, wordt uit het desbetreffende register weer teruggezonden naar het ontvangende deel van de verreschrijver. De verreschrijver geeft dus zg. eigen schrift, dat de verkeersleider niet alleen een controle geeft op zijn eigen handelingen en op de juiste werking van de verreschrijver, doch ook op die van het ontvangend register in de bufferschakeling.

Ten slotte zijn in het programma nog een aantal kringlopen opgenomen voor het controleren van de juistheid van ingevoerde gegevens. Wij hebben reeds bij het voorbeeld van het basisinvoerbericht gezien, dat daarvoor een vast schema is vastgesteld. Ontvangt de rekenmachine een dergelijk bericht, dan wordt niet dadelijk met de verwerking begonnen, doch wordt allereerst een programmacyclus gestart met de bedoeling, na te gaan of het bericht aan het vastgestelde schema voldoet en of daarin geen ontoelaatbare gegevens — als voorbeeld moge de foutieve aanduiding van een meldingspunt dienen — zijn vervat. Is het resultaat positief, dan geeft de rekenmachine hiervan een bevestiging aan de verreschrijver. Eerst na ontvangst hiervan mag de verkeersleider een nieuw bericht invoeren. Is het resultaat negatief, dan meldt de machine dit terug, met een aanduiding van de gemaakte fout. De verkeersleider moet het bericht dat in zijn eerste vorm niet door de rekenmachine geaccepteerd werd, dan in verbeterde vorm herhalen.

Door het geheel der getroffen maatregelen is bereikt dat bij eventueel optredende fouten geen gevaar voor de luchtverkeersregeling kan ontstaan.

Samenvatting. De beschreven installatie heeft ten doel, een aantal handelingen die bij de regeling van het burgerluchtverkeer noodzakelijk zijn, te automatiseren. Hiervan zijn de voornaamste het uitvoeren van baanberekeningen, die uit moeten wijzen op welke ogenblikken, op welke hoogten en met welke snelheden de vliegtuigen een aantal vaste punten binnen het door de verkeersleiding bestreken gebied passeren, en het uitvoeren van berekeningen omtrent de mogelijkheid van het optreden van conflictsituaties binnen dit gebied.

Het rekenwerk geschiedt door een elektronische machine, die uit overwegingen van bedrijfszekerheid in duplo is uitgevoerd. Resultaten der berekeningen worden zichtbaar gemaakt op een automatisch afleesbord. Invoer van gegevens in de rekenmachines geschiedt voornamelijk met behulp van verreschrijvers waar het de basisgegevens der verwerkte vluchten betreft, en met behulp van toetsenborden bij de automatische afleesborden voorzover het de mutaties daarop betreft. Uitvoer van gegevens geschiedt naar de genoemde afleesborden en naar stroken drukkende verreschrijvers.

Daar de rekenmachines zeer veel alfa-numerieke gegevens moeten in- en uitvoeren, gebruiken ze de decimaal-binaire getallennotatie, waardoor bij in- en uitvoer tijd wordt gewonnen. Optellen geschiedt parallel voor de bits van een decimaal, in serie voor de verschillende decimalen. Programma-instructies zijn van het 1-plus-1-adrestype. Hierdoor behoeven opeenvolgende instructies van een programma niet op opeenvolgende regels in het geheugen te worden genoteerd en kunnen plaatsen open worden gehouden op zodanige wijze dat sprongen in het programma door zeer geringe wijzigingen, van één bit b.v., kunnen worden bewerkstelligd.

Elke rekenmachine heeft twee ingebouwde snelle ferrietringengeheugens, terwijl voor de twee machines gezamenlijk twee identieke magnetische trommelgeheugens ter beschikking staan. Van de twee ferrietringengeheugens wordt er een gebruikt als rekengeheugen en het andere als programmageheugen. Door deze scheiding kunnen de uit te voeren bewerking en het getal waarop de bewerking moet worden toegepast, zeer snel na elkaar uit programma- en rekengeheugen worden afgelezen, en wordt tijd gewonnen. Het programma is, behoudens mutaties die om bedrijfstechnische redenen nodig blijken, onveranderlijk en wordt dus, geheel of in gedeelten, talloze malen per seconde doorlopen. Om te vermijden dat bij het voortdurend uitlezen en weer inschrijven van de programma's verminkingen optreden, die het programma waardeloos zouden maken, is voor het programmageheugen een constructie ontwikkeld waarbij de informatie na uitlezen latent aanwezig blijft en daarna op eenvoudige wijze en zonder kans op fouten weer kan worden ingeschreven. Dit geschiedt door die geheugenringen die een nul moeten aanwijzen, door middel van permanente magneetjes blijvend te polariseren. Het inzetten der magneetjes gebeurt met behulp van automatisch vervaardigde geponste kaarten.

Het verkeer tussen de rekenmachines en de in- en uitvoerorganen geschiedt via een enkel kanaal, het hoofdkanaal, dat slechts door één rekenmachine tegelijk in beslag kan worden genomen. Door deze opstelling kan de omvang van de aangesloten apparatuur voor in- en uitvoer gevarieerd worden zonder dat daardoor wijzigingen in de onderlinge bekabeling noodzakelijk zijn. Tevens kan de gehele dienst door een enkele rekenmachine over het hoofdkanaal gaande worden gehouden.

Vluchtgegevens worden op de afleesborden zichtbaar gemaakt met behulp van eenheden, waarin een met letters en cijfers bedrukt bandje zonder eind elektromagnetisch wordt voortgeschakeld. Bij uitvallen van de installatie gaan dus de vluchtgegevens niet verloren. De rand van elk bandje vertoont uitsparingen volgens een gecodeerd patroon, zodat met behulp van zeven contactborsteltjes de stand van het bandje na elke stap door een elektronische schakeling kan worden gecontroleerd.

Het artikel beschrijft ten slotte een aantal maatregelen die zijn genomen om de betrouwbaarheid van de installatie zo hoog mogelijk op te voeren. Deze maatregelen zijn enerzijds gericht tegen het optreden van bedrijfsstoringen, anderzijds tegen het produceren van foutieve resultaten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Automatische telegraafcentrales met elektronische geheugens

P. Harkema

621.394.614.4

Inleiding

Hoewel de telegraaf als middel voor de overbrenging van berichten langs elektrische weg aanzienlijk ouder is dan de telefoon — zie hiervoor ook het artikel op blz. 175 in dit nummer —, heeft hij zich pas veel later dan deze op ruime schaal kunnen ontwikkelen. Hiervoor zijn een tweetal oorzaken aan te wijzen.

In de eerste plaats was voor telegraafverkeer aanvankelijk geen toestel beschikbaar dat op eenvoudige wijze door leken kon worden bediend. Hierin is pas verandering gekomen na de ontwikkeling van de moderne start-stop-verreschrijver.

In de tweede plaats is de telegraaf, veel meer dan de telefoon althans in de begintijd van zijn ontwikkeling was, een interlokaal en internationaal verkeersmiddel. De grote ontwikkeling van de transmissietechniek vond eerst plaats toen de telefoon met zijn veel ruimer verkeersaanbod de economische grondslag schiep waarop de telefoondraaggolfsystemen tot stand konden komen. Door superpositie van telegraafdraaggolfkanalen op telefoondraaggolfsystemen kwamen toen ook voor de telegraaf goedkope transmissiewegen ter beschikking.

Toen beide belemmeringen uit de weg waren geruimd, kwam al spoedig naast het openbare telegraafnet de telexdienst tot ontwikkeling. Door zich bij deze dienst aan te sluiten, kunnen particuliere personen of organisaties de beschikking krijgen over een eigen verreschrijftoestel, met behulp waarvan rechtstreeks berichten kunnen worden uitgewisseld met de overige aangeslotenen bij de dienst.

Het gemakkelijker en goedkoper worden van het particuliere telegrammenverkeer door de telexdienst deed het verkeersaanbod dusdanig stijgen dat ook op een ander gebied, dat van de automatisering, de achterstand vergeleken bij de telefoondienst kon worden ingehaald. Het automatisch schakelen van telegraafverbindingen biedt geen principiële moeilijkheid, vergeleken bij de telefoon, doch door het geringe verkeersaanbod in het openbare telegraafnet waren de lijnenbundels klein gebleven en de verkeerstheorie toont zonder moeite aan dat kleine bundels slechts met automatisch verkeer kunnen worden bedreven ten koste van een uitzonderlijk laag rendement.

De automatisering deed dan ook het eerst zijn intrede bij de telexdienst. Automatische telexnetten hebben met die voor de telefoon gemeen dat steeds een rechtstreekse verbinding van oproeper naar opgeroepene wordt opgebouwd, waarover verkeer in beide richtingen mogelijk is. Op het eerste gezicht kan dit enige verwondering baren, omdat het telexverkeer typisch eenzijdig gericht is: het is de bedoeling om van de oproeper naar de opgeroepene een bericht over te brengen waarop eerst later een antwoord kan worden verwacht en waarvoor dan opnieuw een verbinding in de omgekeerde richting moet worden opgebouwd. Het kanaal in de terugrichting wordt dus zeer oneconomisch gebruikt, doch is om twee redenen onmisbaar. In de eerste plaats moet over het terugkanaal een signaal kunnen worden gegeven om te bevestigen dat de verbinding tot aan de opgeroepene is opgebouwd, en in de tweede plaats moet de oproeper zich van de identiteit van de opgeroepene kunnen vergewissen alvorens hij met de uitzending van zijn bericht begint. Er moet namelijk rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat òf door tekenverminking òf door een fout van de oproeper zelf, de verbinding met een andere dan de gewenste opgeroepene tot stand is gekomen. Dit oneconomische gebruik van het terugkanaal is echter verantwoord wanneer door voldoende verkeersaanbod het rendement van de telegraafkanalen toch bevredigend is.

Er is evenwel een belangrijke klasse van telegraafnetten waarvoor aan deze voorwaarde geenszins voldaan is, en dat zijn de gesloten netten van overheids-, semi-overheids- of particuliere organisaties, waarover slechts verkeer mogelijk is tussen tot die organisaties behorende kantoren. Deze netten zijn over het algemeen gekarakteriseerd door betrekkelijk grote aantallen lijnenbundels, die elk voor zich zeer klein van omvang zijn en vaak uit niet meer dan één verbinding bestaan.

Het zal uit het voorgaande duidelijk zijn dat voor netten van deze soort de automatische doorschakeling van oproeper naar opgeroepene economisch onuitvoerbaar is en dat ook het ter beschikking stellen van een slechts zeer matig benut terugkanaal voor elke verbinding niet te verdedigen valt. Deze netten verkeren in dezelfde omstandigheden als de openbare telegraafnetten uit de begintijd, die uit vaste, van kantoor tot kantoor lopende verbindingen waren opgebouwd, elk aan het begin met een zender en aan het eind met een ontvanger afgesloten. Verzending geschiedde van kantoor naar kantoor tot de bestemming bereikt was, en op elk kantoor werd het telegram aan de zijde van de in-

Ir. P. Harkema, medewerker van N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

komende lijn genoteerd, vervolgens naar het zendtoestel van de volgende uitgaande lijn getransporteerd en daarvandaan opnieuw uitgezonden. Bij de heruitzending konden eventueel vertragingen optreden wanneer reeds andere telegrammen op verzending lagen te wachten.

Hoe onbeholpen deze bedrijfswijze, aldus beschreven, ook moge lijken, toch bevat zij een aantal essentiële elementen van waarde. Zo vervalt b.v. de noodzaak, de terugkanalen voor signalering en identificatie ter beschikking te houden, zodat deze voor normaal verkeer in de terugrichting kunnen worden gebruikt. Identificatie is minder nodig omdat, ook al zou een telegram op een verkeerd kantoor aankomen, dit laatste tot dezelfde organisatie behoort en dan tot taak heeft, het telegram naar zijn juiste bestemming te leiden.

Een zeer belangrijk element in deze bedrijfswijze is, dat een goed lijnrendement wordt verkregen door bij de verzending passende vertragingen toe te laten. De vertraging bij de doorzending op de tussenkantoren is mogelijk doordat het telegram aan het inkomende toestel genoteerd en daardoor onthouden wordt. Samenvattend wordt dus een goed lijnrendement verkregen door het toelaten van vertragingen en door het invoeren van de geheugenfunctie in de knooppunten.

Door het aanhouden van deze principes is het mogelijk geworden, ook de gesloten netten met hun kleine lijnenbundels te automatiseren. In geautomatiseerde netten van deze aard worden geen lijnstukken onderling doorgeschakeld, doch vindt als het ware een doorschakeling van de telegrammen zelf van kantoor tot kantoor plaats. In de Engelse terminologie hebben zich dan ook de uitdrukkingen „line switching" en „message switching" — in het Nederlands te vertalen met lijndoorschakeling en telegramdoorschakeling — ingeburgerd voor de twee beschreven werkwijzen.

In het nu volgende deel van dit artikel zullen de bij Philips ontwikkelde systemen voor telegramdoorschakeling worden beschreven.

Centrales voor telegramdoorschakeling

De historie heeft gewild dat Philips voor een enkele organisatie, de „Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques", gewoonlijk kortweg aangeduid als SITA, een aantal centrales met automatische telegramdoorschakeling heeft ontwikkeld, waarbij voor elk volgend project de automatisering een stap verder werd gevoerd. In het hierna volgende zullen deze projecten achtereenvolgens worden behandeld, omdat daardoor de verschillende op te lossen problemen ook op logische wijze, het een na het ander, naar voren komen.

SITA is een organisatie die voor een groot aantal luchtvaartmaatschappijen gezamenlijk een telegraafnet exploiteert. De over dit net verzonden berichten hebben voornamelijk betrekking op boekingen voor vliegtuigplaatsen. Een eigenaardigheid van dit verkeer — een eigenaardigheid die zich overigens in vele gesloten telegraafnetten voordoet — is, dat een niet onbelangrijk deel der berichten voor meer dan één geadresseerde bestemd is. Dit kan b.v. nodig zijn als een aantal passagekantoren ingelicht moet worden dat voor een bepaalde vlucht geen plaatsen meer beschikbaar zijn. Er moest dus ook een oplossing worden gevonden voor het automatisch verspreiden van dergelijke berichten met meervoudige adressering.

Het oude handbedrijf

Bij de eerste opzet van het SITA-telegraafnet bestond dit uitsluitend uit van kantoor tot kantoor lopende lijnstukken zonder mogelijkheid van doorschakeling. Het bedrijf werd uitgeoefend als hierboven beschreven voor de oude telegraafnetten, zij het dat de taak der telegrafisten werd vereenvoudigd door toepassing van ponsbandontvangers aan de inkomende zijden der verbindingen en van automatische ponsbandzenders aan de uitgaande zijden. Hierdoor werden transcriptiefouten geëlimineerd en de taak van het bedienend personeel beperkt tot het afscheuren en lezen van de ontvangen banden en het overbrengen daarvan naar de zender, behorende bij de uitgaande lijn naar het station van bestemming. Hier werden de banden in volgorde van aankomst op rekken gehangen en zodra ze aan de beurt waren, in de automatische zender gelegd (zie blokschema *fig. 1*). Bij telegrammen met meervoudige bestemming werden op een verreschrijver in lokale schakeling evenveel kopieën van de band vervaardigd als het aantal bestemmingen bedroeg, en deze kopieën werden dan over de juiste zendplaatsen verdeeld.

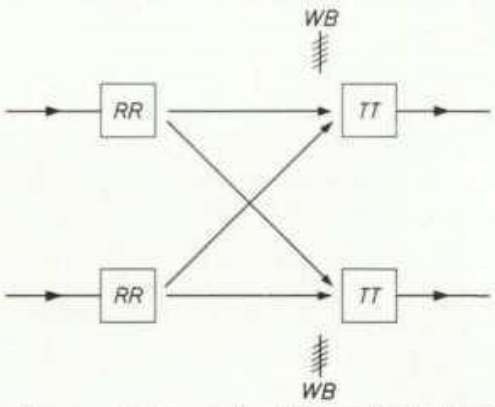


Fig. 1. Schema van een ponsbandtelegraafcentrale voor handbedrijf, waarin inkomende lijnen op reperforatoren *RR* eindigen en uitgaande lijnen met automatische zenders *TT* beginnen. De banden moeten van de ontvangers naar de zenders worden gebracht. Kan de band niet direct in de zender worden gelegd, dan wordt hij zolang op een wachtrek *WB* gehangen.

In de grote centra van het SITA-netwerk, zoals b.v. in Londen, trof men aan een zijde van de telegraafzaal

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 2. Foto van een ponsbandcentrale volgens het principe van fig. 1. De ponsbandontvangers bevinden zich op de achtergrond, de zenders en wachtrekken staan ervoor.

een batterij ponsbandontvangers aan en daartegenover een rij automatische zenders. Hiertussen liepen de telegrafisten voortdurend heen en weer voor het doorgeven van de ponsbanden (zie *fig. 2*).

De eerste stap naar automatisering

In 1954 waren in de Londense centrale van het SITA-net het verkeer, het aantal inkomende en uitgaande verbindingen en het aantal vereiste telegrafisten zodanig toegenomen dat deze bedrijfsvoering aanleiding begon te geven tot moeilijkheden, zoals ontoelaatbare vertragingen in de behandeling der telegrammen, terwijl ook het gevaar van verloren raken van ponsbanden toenam.

Op het ogenblik dat tussen de British European Airways, de exploitante van de Londense SITA-centrale, en Philips het overleg begon over een mogelijke oplossing van dit probleem, waren er nog wijzigingen in de bedrijfsvoering nodig om tot algehele automatisering te geraken. Een langdurig internationaal overleg was daarvoor noodzakelijk, en daar de moeilijkheden dringend om voorziening vroegen, werd besloten tot een voorlopige oplossing.

De noodzaak tot internationaal overleg bij een dergelijke stap kan worden ingezien wanneer men bedenkt dat bij de tot dan toe gevolgde werkwijze de kop van het telegram — dat is het gedeelte waarin de bestemming is aangegeven — steeds door een telegrafist werd gelezen, zodat een zekere mate van vrijheid in de indeling daarvan kon worden toegelaten zonder dat dit tot fouten in de behandeling aanleiding behoefde te geven. Zo was de internationaal gestandaardiseerde codeaanduiding der verschillende kantoren van bestemming niet voor automatisering geschikt. Het zelfde gold mutatis mutandis voor de volgorde waarin de gegevens in de kop moesten voorkomen. Ten slotte moeten bij automatische doorzending in het telegram tekens

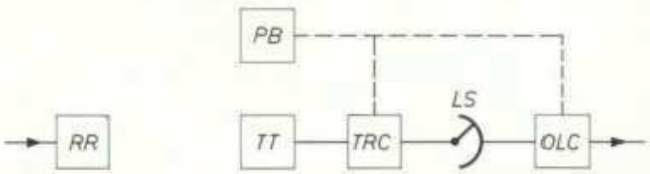


Fig. 3. Schema van een telegraafcentrale voor ponsbandbedrijf, waarin de automatische zenders *TT* niet rechtstreeks, doch door middel van lijnkiezers *LS* met de uitgaande lijncircuits *OLC* worden verbonden. Bij elke zender behoort een zenderschakeling *TRC* en een knoppenbord *PB*. Op dit laatste wordt de verlangde richting aangewezen, waarna de kiezer *LS* automatisch een lijn naar deze richting opzoekt.

voorkomen die zowel het einde van het adresgedeelte als het einde van het telegram in zijn geheel aangeven. Na het bereiken van overeenstemming op deze punten moest bovendien het personeel op alle kantoren van het net geïnstrueerd worden inzake de nieuwe, zorgvuldig te volgen werkwijze.

De voorlopige oplossing die voor Londen werd gekozen was in wezen zeer eenvoudig en bestond, zoals in *fig. 3* schematisch is aangegeven, uitsluitend daarin dat de ponsbandzenders van de uitgaande kanalen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Foto BEA, Londen

Fig. 4. Foto van een volgens het schema van fig. 3 ingerichte centrale. De rekken met ontvangers staan nu tussen de bedieningsposten met hun automatische zenders in. De telegrafisten behoeven zich niet meer van hun plaats te begeven om de banden van de ontvangers naar de zenders te verplaatsen.

werden losgemaakt en dat een automatische kiezer werd tussengeschakeld. De besturing van deze kiezer geschiedde met behulp van een bij elke zendplaats aanwezig knoppenbord. De telegrafiste behoefde de ponsband slechts in de zender te leggen en op de knop van de richting van bestemming te drukken. De kiezer liep dan naar het contact waarop de uitgaande lijn was aangesloten en het telegram liep uit. Was de lijn niet vrij, dan wachtte de kiezer tot dit het geval was om er zich zonder verdere vertraging op in te stellen.

Ondanks de eenvoud van deze oplossing werden grote voordelen bereikt. Daar alle uitgaande verbindingen van elke zendplaats uit bereikt konden worden, was het, zoals uit *fig. 4* is te zien, mogelijk de zendplaatsen en de rekken met ponsbandontvangers afwisselend te plaatsen. De telegrafisten konden daardoor, zonder van hun plaats op te staan, de ponsbandontvangers aan weerszijden van hun zendplaats bedienen. Telegrammen met meervoudige adressering konden herhaalde malen door dezelfde zendknop worden geleid, zodat het maken van kopieponsbanden hierdoor verviel. Alle heen-en-weer-geloop en de hieraan inherente verwarringen en vertragingen werden dus uitgeschakeld. Het telegrafisterendement steeg met 25 % en de vertragingen daalden tot een gering gemiddelde.

Invoering van elektronische geheugens

De SITA-centrale te Parijs, die door de luchtvaartmaatschappij Air France werd aangeschaft en oorspronkelijk ook met vast aan de lijnen verbonden zenders en ontvangers werkte, bereikte kort na de Londense centrale een zelfde toestand van overbelasting, zodat het overleg over de vernieuwing der beide centra aaneensloot.

Evenmin als in Londen achtte men in Parijs de tijd rijp voor volledige automatisering, doch de eenvoudige oplossing van Londen zou in Parijs niet voldaan hebben. Dit vond zijn oorzaak in de omstandigheid dat de Parijse centrale ongeveer tweemaal zoveel verkeer te verwerken heeft als die in Londen, waardoor bepaalde, aan de Londense oplossing inherente beperkingen tot moeilijkheden aanleiding zouden kunnen geven. Bovendien wenste men een definitievere oplossing dan in Londen, waar men zich voorstelde de voorlopige bedrijfswijze na vijf tot zes jaren door een meer automatische te vervangen.

De voornaamste beperking van de Londense centrale bestond daarin dat de telegrammen, wanneer een gewenste uitgaande lijn of groep lijnen bezet was, in de zendkoppen moesten wachten tot er een lijn vrij kwam. Hierdoor bestond de mogelijkheid dat bij een plotse-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ling groot verkeersaanbod voor een enkele uitgaande richting zoveel telegrammen in zendkoppen moesten wachten dat het verkeer naar andere richtingen, waarvoor wel vrije verbindingen ter beschikking stonden, stagneerde. Hoewel aan deze moeilijkheid door bepaalde organisatorische maatregelen het hoofd kon worden geboden, voorzag men toch op dit punt voor de zoveel grotere Parijse centrale op den duur moeilijkheden. Vergroting van het aantal automatische zenders per bedieningspost zou geen oplossing kunnen brengen zonder de telegrafisten te dwingen tot heen en weer lopen, evenveel knoppen als het telegram bestemmingen heeft en als laatste op de startknop op het bedieningspaneel *CP* bij de zender. Op dit sein zoekt het bij het knoppenbord behorende relaisgeheugen, waarin de kiesinformatie tijdelijk is opgeslagen, verbinding met de merker *M*. Dit is een centrale schakeling die zo snel werkt dat de wachttijd voor *PB* steeds slechts een fractie van een seconde bedraagt. Nadat verbinding is verkregen, worden de kiesinformatie en de identiteit van de automatische zender naar de merker overgeheveld, waarna het knoppenbord weer vrij komt voor een volgende verbinding.

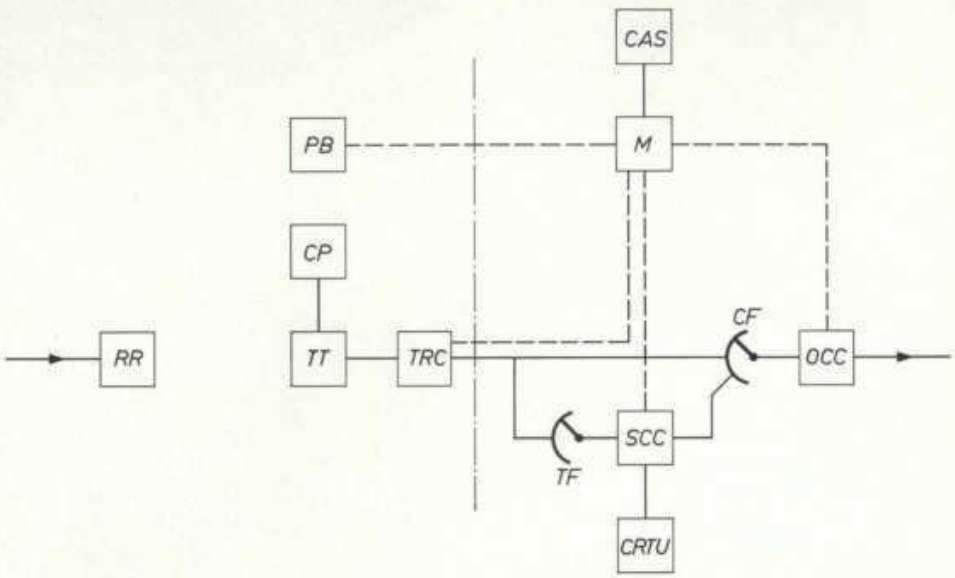


Fig. 5. Schema van een automatische ponsbandcentrale van het type ES-1, zoals deze o.a. in de centrale van de SITA-organisatie in Parijs is toegepast. Hierin kunnen telegrammen tijdelijk in elektro-magnetische geheugens worden opgeslagen, als verzending naar een vrije lijn niet direct mogelijk is. Voor een beschrijving van de werking wordt naar de tekst verwezen. *RR* ponsbandontvanger; *TT* automatische zender; *CP* bedieningspaneel; *PB* knoppenbord; *TRC* zenderschakeling; *CF* verbindingszoeker; *OCC* uitgaand lijncircuit; *TF* zenderzoeker; *SCC* secundair verbindingscircuit; *CRTU* elektronisch geheugen met bijbehorende schrijf- en leesversterkers; *M* merker; *CAS* centraal adresgeheugen.

een toestand die men in ieder geval wenste te vermijden. De oplossing werd daarom gezocht in de invoering van tussengeheugens, waarnaar de telegrammen bij bezet zijn van de uitgaande verbindingen van de zendkoppen uit worden overgeheveld en waarin ze kunnen wachten op het vrijkomen der lijnen.

Als tussengeheugens zouden apparaten met papieren ponsband denkbaar zijn. Afgezien van het niet onbelangrijke papierverbruik, hebben zij het bezwaar dat het herhaald uitzenden van hetzelfde telegram, hetgeen bij meervoudige adressering noodzakelijk kan zijn, moeilijkheden ontmoet. Hierom werden dan ook ferrietringengeheugens gekozen. Daar het kortste element van een verreschrijverteken 20 ms lang is, konden voor deze geheugens vrij grote ringen worden gebruikt van 3,5 mm buitendiameter, hetgeen de bedrading en ook de schrijf- en leesversterkers vereenvoudigde.

Fig. 5 geeft het vereenvoudigde schakelschema van de SITA-centrale te Parijs en *fig. 6* een beeld van een bedieningspost. Uit het schema is te zien dat de inkomende verbindingen nog steeds op ponsbandontvangers eindigen. De telegrafiste scheurt de band van een volledig ontvangen telegram van de ontvanger *RR* en legt deze in een automatische zender *TT*. Na lezing van het adres drukt zij op het in fig. 6 zichtbare knoppenbord *PB* op

De hierna volgende beschrijving geldt voor een telegram met meervoudige bestemming. De vereenvoudiging die ontstaat voor een telegram met enkelvoudige bestemming zal dan direct duidelijk zijn. De merker heeft verbinding met alle lijncircuits *OCC*, waarvan er voor elk uitgaand kanaal een aanwezig is. Daardoor kan de merker onderzoeken of er in de gekozen richtingen een kanaal vrij is. Eventueele vrije lijncircuits worden door de merker direct in beslag genomen en voorzover er voor een deel der gewenste uitgaande richtingen geen lijn vrij is, neemt de merker ook nog een vrij verbindingscircuit *SCC* met tussengeheugen *CRTU* in beslag. De merker stelt de kiezers *CF* en *TF* die resp. bij de lijncircuits en bij het tussengeheugen behoren, parallel in op de roepende ponsbandzender en verlaat de verbinding. Na de start van de zender loopt het telegram gelijktijdig uit naar de vrij bevonden kanalen en naar het tussengeheugen. Voor de telegrafiste ontstaat dus het effect dat elk telegram terstond haar bedieningspost verlaat en waar nodig opgeborgen wordt in een tussengeheugen, dat vrij van haar bedieningsplaats kan worden opgesteld en haar dus volledige vrijheid van beweging laat.

Wanneer de inschakeling van een tussengeheugen nodig is gebleken, zoekt de merker, alvorens weer vrij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 6. Bedieningspost voor een centrale volgens het schema van fig. 5, zoals deze in de SITA-centrale te Parijs is ingericht. Voor de telegrafiste staan een viertal bandzenders, waarboven het paneel met bedieningssleutels is aagebracht. Daarboven staat weer het knoppenbord, dat voor alle zenders gemeenschappelijk is en voor elke uitgaande richting een toets heeft. De pons-bandontvangers staan in twee lagen boven elkaar links en rechts van de telegrafiste.

te komen, verbinding met een andere centrale schakeling, het centrale adresgeheugen *CAS*. Hierin worden door de merker de identiteiten van de richtingen, waarin het telegram alsnog zal moeten worden verzonden, en van het tussengeheugen waarin dat telegram is opgeborgen, genoteerd.

Elk lijncircuit van een verbinding die na verzending van een telegram weer vrij komt, geeft een signaal aan de merker, dat voor deze laatste aanleiding is, het centrale adresgeheugen te raadplegen of er voor de desbetreffende richting soms een telegram in een tussengeheugen wacht. Is dit zo, dan houdt de merker de lijn vast en stelt de bijbehorende kiezer in op het aangewezen tussengeheugen. Zijn er toevallig meerdere lijnen gelijktijdig voor het telegram vrijgekomen, dan worden ook meerdere kiezers op het tussengeheugen ingesteld. Na tot stand brengen van deze verbindingen start de merker het tussengeheugen en verlaat weer de verbinding. Deze cyclus herhaalt zich zolang totdat het telegram naar alle gewenste richtingen is verzonden.

Het is duidelijk dat het aantal te installeren tussengeheugens zo berekend moet zijn dat er ook bij de grootste te verwachten verkeersstroom steeds tussengeheugens voor het opnemen van telegrammen beschikbaar zijn. Anderzijds vereist de economie der vaak zeer dure verkeerskanalen, dat de belasting daarvan zo hoog mogelijk wordt opgevoerd, waarbij belastingen van 80% kunnen voorkomen. Een zo hoge belasting van een verkeersrichting die soms slechts over een enkel kanaal beschikt, brengt onvermijdelijk een aanzienlijke vertraging in de doorzending der telegrammen teweeg. Door deze vertraging zouden dan vele telegrammen in tussengeheugens moeten wachten, d.w.z. dat door een plotselinge verkeerspiek op een dergelijke drukke uitgaande verbinding een schaarste aan tussengeheugens zou kunnen ontstaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Om aan deze toestand onder alle omstandigheden het hoofd te kunnen bieden, zou men een oneconomisch groot aantal tussengeheugens moeten installeren. Dit probleem is opgelost door de lijncircuits der zeer zwaar belaste verbindingen van eigen geheugens te voorzien en wel, zoals uit *fig. 7* blijkt, van twee geheugens per lijncircuit. Elk dezer geheugens heeft zijn eigen kiezer *CF*, waarmee het verbinding kan zoeken met een zenderschakeling *TRC* of een verbindingscircuit *SCC* met tussengeheugen. Zonder dat de telegrammen in alle gevallen onmiddellijk kunnen worden doorgezonden, heeft de richting dus, van de centrale uit gezien, de dubbele capaciteit tot opnemen gekregen, waardoor een overbelasting van de groep centrale tussengeheugens wordt vermeden. Bij de heruitzending der telegrammen uit de geheugens der dubbele lijncircuits wordt de

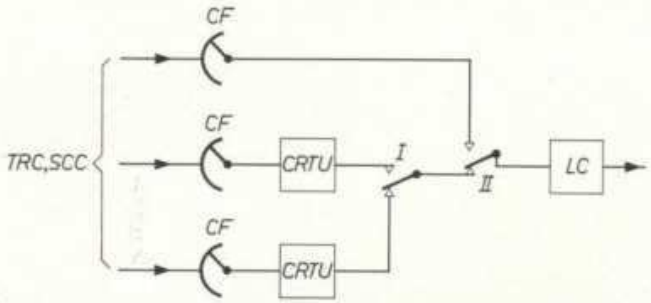


Fig. 7. Schema van een schakeling voor een uitgaande lijn met zeer veel verkeer. De zoekers *CF* hebben dezelfde functie als in fig. 5. Bij gering verkeer is het contact *II* naar boven omgelegd en kunnen telegrammen rechtstreeks de lijn op. Zodra de lijn bezet is, kunnen ook de zoekers behorende bij de elektronische geheugens *CRTU* in werking worden gesteld. Uitgaande telegrammen gaan dan niet direct de lijn op, doch worden tijdelijk in de geheugens opgeborgen. Contact *II* komt daarbij in de getekende stand, terwijl contact *I* om de beurt naar het bovenste en het onderste geheugen wordt geschakeld. Dit voorkomt, dat door toevallige omstandigheden een telegram uitzonderlijk lang in een der beide geheugens zou moeten wachten.

lijn door het contact *I* na elk uitgegaan telegram van het ene geheugen naar het andere geschakeld, zodat alle telegrammen steeds na een redelijke tijd aan de beurt komen. Zijn beide lijngeheugens leeg, dan wordt de lijn door contact *II* rechtstreeks met een verbindingszoeker *CF* verbonden.

Doordat de geheugens in de lijncircuits niet aan de eis van herhaalde uitzending van hetzelfde telegram behoeven te voldoen, behoeft hiervoor niet noodzakelijkerwijs de keuze op het gebruik van ferrietringen te vallen. In de Parijse centrale bleken ze echter voor de vereiste capaciteit van 2000 karakters een economische oplossing te vormen. In de nog te beschrijven semi-automatische Londense SITA-centrale werd een grotere capaciteit verlangd en was het praktischer, van mechanische apparaten met ponsband gebruik te maken. Voor het zelfde doel is sindsdien door Philips een apparaat met een capaciteit van 40 000 karakters ontwikkeld, dat met magnetische band werkt. Dit apparaat wordt in een afzonderlijk artikel in dit nummer beschreven (blz. 154).

De tweede Londense SITA-centrale

In de Parijse SITA-centrale is het gebruik van elektronische geheugens beperkt tot de uitgaande zijde van de centrale. Aan de inkomende kant wordt de geheugenfunctie nog vervuld door geponste banden. De tijd, nodig voor het volledig binnenkomen van het telegram, het daarop volgende afscheuren van de band, het lezen van het adres, het inleggen van de band in de zender, het drukken op de richtingknoppen en het drukken op de startknop, vormt daarbij een minimumvertraging bij de doorzending, die niet is te ontgaan. Deze vorm van menselijke tussenkomst werd echter nog wenselijk geacht om onvolkomenheden in de telegramopmaak te kunnen opvangen.

Deze overweging had ook gegolden bij de bouw van de eerste, voorlopige, Londense SITA-centrale. Toen de opdracht voor de tweede centrale werd gegeven, was het internationale overleg zo ver gevorderd dat men omtrent een gestandaardiseerde indeling van het adresgedeelte van de telegrammen tot overeenstemming was gekomen. Desalniettemin werd na rijp beraad het besluit genomen om de automatisering weliswaar veel verder te drijven dan in Parijs, doch toch nog een zekere mate van menselijke tussenkomst te behouden, omdat op dat ogenblik nog geen zekerheid bestond omtrent de samenstelling der adressen zelf.

Volledige automatisering is ingevoerd bij de jongste uitbreiding van de centrale. Het nieuwe deel werkt volledig parallel met het oude, zodat men de keuze heeft, ieder der aangesloten kantoren hetzij met het oude, hetzij met het nieuwe deel te verbinden.

Het vereenvoudigde verbindingsschema van de eerste geïnstalleerde tranche toont *fig. 8*, terwijl een dubbele bedieningspost op *fig. 9* is te zien. Bij beschouwing van de bedieningspost blijkt dat in het tafelblad een groot paneel met drukknoppen is aangebracht, terwijl zich in de opstand twee bladverreschrijvers bevinden, die, ter demping van het geluid, achter glas zijn opgesteld. Alle ponsbandontvangers en zenders zijn dus verdwenen.

Dit blijkt ook uit fig. 8, die aangeeft dat de inkomende kanalen eindigen op lijnschakelingen *ICC*, die aan de zijde van de centrale verbonden zijn met een contact in de boog van een lijnzoeker *LF*.

Op elke inkomende lijn kan zonder voorafgaande waarschuwing een telegram binnenlopen. De tekst daarvan wordt echter altijd voorafgegaan door de vier letters ZCZC. De aanwezigheid van deze, in zekere zin loze, karakters wordt gebruikt om de automatische apparatuur te starten, zodat de zoeker *LF*, waarmee een

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

inkomend verbindingscircuit *RCC* met ferrietkerngeheugen is verbonden, de gelegenheid krijgt, zich op het contact van de roepende lijn in te stellen. *LF* is een snellopende kiezer, waarvan de instelling met zekerheid is beëindigd voordat het betekenisvolle deel van het telegram binnenkomt. Dit loopt dan door naar *RCC* en wordt in het geheugen genoteerd.

Na het instellen van de lijnzoeker loopt ook een zoeker *RCCF* van een vrije verreschrijverschakeling *TPRC* aan, waarmee een verreschrijver *OP* op een bedieningspost is verbonden. Is deze verbinding tot stand gekomen, dan begint het uitlezen van het telegram uit het geheugen en verschijnt dit op de verreschrijver van de telegrafiste. Is het adresgedeelte volledig binnen, dan drukt de telegrafiste op een of meer richtingsknoppen op haar paneel *PB* en tot slot op de startknop die bij de desbetreffende verreschrijver behoort. De eigenlijke tekst van het telegram wordt dan niet verder meer naar haar verreschrijver overgebracht en de doorschakeling van het telegram geschiedt geheel automatisch.

Stelt men de inkomende verbindingsstroomloop *RCC* in de plaats van de automatische zender uit fig. 5, dan ziet men dat de twee schema's verder geheel identiek zijn, zodat een verdere uitleg over de wijze waarop deze automatische doorschakeling plaatsvindt, overbodig wordt. Het is echter interessant, op te merken dat, nadat door de merker de nodige verbindingen zijn tot stand gebracht, de heruitzending van het telegram uit het geheugen van *RCC* begint, en wel òf rechtstreeks naar een vrije lijn, òf naar het tussengeheugen van een secundair verbindingscircuit *SCC*.

Er zijn dus twee groepen geheugens in de centrale, en men kan zich afvragen waarom niet hetzelfde geheugen de twee functies zou kunnen vervullen. Men moet zich echter voor ogen stellen dat de kans dat er bij het binnenlopen van een telegram geen enkele vrije inkomende verbindingsstroomloop beschikbaar zou zijn, bijzonder klein moet wezen. Wil dit niet tot de noodzaak leiden om een oneconomisch groot aantal verbindingsstroomlopen te installeren, dan moet de houtijd van deze schakelingen klein worden gehouden, hetgeen illusoir zou worden wanneer men ze tevens als wachtgeheugen zou gebruiken. Door de scheiding der functies kunnen bovendien de geheugens in de inkomende verbindingscircuits de halve capaciteit hebben van die in de secundaire. De grootste toegestane lengte van een telegram is 2000 karakters, en dit is dan ook de capaciteit van de geheugens in de secundaire verbindingscircuits. Die van de geheugens aan de inkomende kant is echter slechts 1000 karakters, iets wat mogelijk is doordat de heruitzending uit deze geheugens steeds zo spoedig begint dat bij binnenkomen van karakter 1001 plaats no. 1 in het geheugen al weer is vrijgekomen. Door deze cyclische bedrijfswijze blijven de inkomende geheugens goedkoper en is het minder bezwaarlijk, hiervan een ruim aantal ter beschikking te stellen.

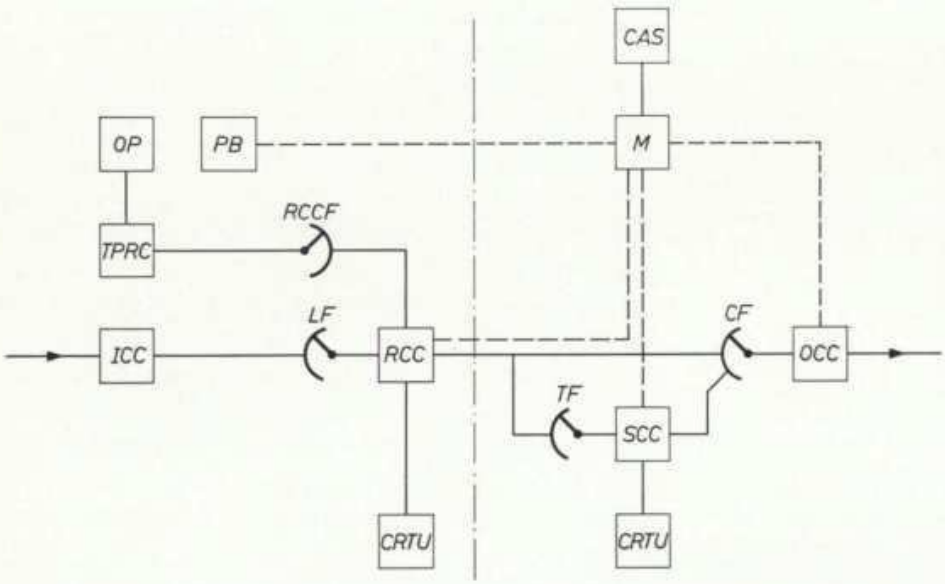


Fig. 8. Schema van een ponsbandloze centrale, waarin echter nog wel het adres van bestemming door een telegrafiste moet worden gelezen. Deze moet voor elke gewenste bestemming een knop op het bord *PB* indrukken. Voor de verdere beschrijving wordt naar de tekst verwezen. *ICC* inkomend lijncircuit; *LF* lijnzoeker; *RCC* ontvangend verbindingscircuit; *RCCF* zoeker voor *RCC*; *TPRC* verreschrijverschakeling; *OP* bedienende verreschrijver; *PB* knoppenbord; *CF* verbindingszoeker; *OCC* uitgaand lijncircuit; *SCC* secundair verbindingscircuit; *CRTU* elektronisch geheugen met schrijf- en leesversterkers; *TF* zenderzoeker; *M* merker; *CAS* centraal adresgeheugen.

Van bedrijfstechnisch standpunt gezien is het van groot voordeel dat de inkomende lijnen niet meer op de bedieningsposten eindigen maar op schakelingen in het automatische deel van de centrale. Hierdoor kan het aantal bedienende telegrafisten veel beter aan de verkeerssituatie van elk ogenblik worden aangepast. Naarmate het verkeer stijgt of daalt, worden meer of minder bedieningsposten bezet, terwijl in de Parijse centrale de posten zo lang bezet moeten blijven totdat het dalende verkeer het mogelijk maakt een telegrafiste twee posten tegelijk te doen bedienen, waarvoor dus heen en weer lopen nodig is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Foto ART-WOOD, Londen

Fig. 9 Helft van een dubbele bedieningspost voor een centrale, ingericht volgens het schema van fig. 8. Elke telegrafiste bedient twee verreschrijvers, die ter demping van het geluid achter glas zijn opgesteld. Nadat zij het adres van bestemming op de verreschrijver heeft afgelezen, drukt zij een of meer richtingsknoppen op het voor haar geplaatste bord. De bedieningstijd is zo kort, dat elke telegrafiste gemakkelijk twee verreschrijvers kan bedienen.

Volledig automatische doorschakeling

Het is niet moeilijk in te zien dat men in het schema van fig. 8 de bedieningspost met bijbehorende verreschrijverschakeling en relaisgeheugen vervangen kan door een automatische schakeling, die het adresgedeelte van het telegram uit het inkomende geheugen overneemt, de adressen decodeert en vervolgens doorgeeft aan de merker voor het instellen van de verbinding. Deze bedrijfswijze geldt thans voor de uitbreiding van de Londense SITA-centrale en vereist, zoals gezegd, dat het adresgedeelte van het telegram volgens een strikt schema wordt samengesteld. Terwijl de twee gedeelten van de centrale volledig kunnen samenwerken, kan nu de verkeerscapaciteit worden uitgebreid zonder toevoeging van verdere bedieningsposten.

Bij de overgang op een volledig automatische bedrijfswijze wordt weliswaar de besturingsapparatuur gecompliceerder, doch het is niet noodzakelijk, daarin nieuwe geheugenfuncties in te voeren. Daar wij ons in dit artikel in hoofdzaak hebben bezig gehouden met de vraag, hoe door invoering van geheugenfuncties de automatische doorschakeling van telegrammen mogelijk kan worden gemaakt, zullen wij op de bijzonderheden van deze ingewikkelder besturing hier niet nader ingaan.

Een vereenvoudigd systeem

De door ons gevolgde wijze van behandeling van het probleem der automatische doorschakeling aan de hand van een aantal historisch opeenvolgende projecten heeft het voordeel dat daarmee de logische ontwikkeling der systemen op overtuigende wijze kan worden gedemonstreerd. Zij bergt echter het gevaar in zich dat men de logica van deze ontwikkeling in zekere mate als onontkoombaar zou kunnen gaan beschouwen. Men dient er zich evenwel van bewust te blijven dat deze ontwikkeling is aangepast aan de welomschreven eisen van een bepaald soort gebruiker.

Zoals wij reeds eerder hebben vermeld, hebben de telegrammen die over het net der luchtvaartmaatschap-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

pijen worden verzonden, in hoofdzaak betrekking op boekingen voor passagiersvluchten en luchtvrachten. Hoewel aan een snelle doorzending dezer telegrammen vanzelfsprekend grote waarde wordt gehecht, blijft de economie toch een zeer grote rol spelen. Vandaar dat de beschreven oplossingen er enerzijds op gericht zijn, de vertragingen die binnen de centrale bij de doorschakeling optreden, tot een minimum te beperken, er echter anderzijds naar streven, de vaak zeer dure verbindingen zo hoog mogelijk te belasten.

Dit laatste streven komt b.v. tot uiting bij de invoering van het type dubbele lijnstroomloop waarvan wij in fig. 7 het schema weergaven. Door deze maatregel wordt de ophoping van telegrammen in de gemeenschappelijke apparatuur van de centrale vermeden en verlegd naar de lijnapparatuur der hoog belaste verbindingen. Men moet er zich echter wel rekenschap van geven dat bij de doorzending van de telegrammen uit de geheugens dezer dubbele lijnstroomlopen naar de lijn zelf, vertragingen van de orde van tien minuten volstrekt niet denkbeeldig zijn.

In het boekingsverkeer der luchtvaartmaatschappijen worden dergelijke vertragingen vaak nog wel toelaatbaar geacht. Naast het commerciële net der luchtvaartmaatschappijen functioneert echter het telegraafnet der regeringsluchtvaartdiensten, die met de technische regeling der vluchten zijn belast en voor de veiligheid van dit verkeer verantwoordelijk zijn. Vertragingen bij de doorzending van telegrammen van de orde van grootte van tien minuten kunnen, wanneer de veiligheid van het verkeer in het geding is, volstrekt ontoelaatbaar zijn.

Wij hebben reeds gezien dat vertragingen bij de doorzending altijd hun oorzaak vinden in hoge lijnbelastingen. Dit is dan ook de reden dat de luchtvaartdiensten b.v. de regel hebben gesteld, dat een verkeersrichting die over niet meer dan één verbinding beschikt, niet voor meer dan gemiddeld 40 procent belast mag worden. Voor grotere groepen verbindingen neemt de toegestane specifieke belasting wat toe, doch blijft toch nog altijd laag, vergeleken bij wat de luchtvaartmaatschappijen wensen toe te laten.

Het behoeft weinig toelichting dat wanneer men op grond van de gegeven overwegingen steeds over een ruim aantal verbindingen beschikt, een aantal eisen waaraan de beschreven oplossingen in steeds toenemende mate tegemoet komen, aan kracht inboeten. Om die redenen bleek het zinvol om, uitgaande van de ervaringen bij de beschreven projecten opgedaan, een vereenvoudigd systeem te ontwerpen, waarbij werd teruggegrepen naar de beginselen van het schema van fig. 3.

Het hieruit afgeleide schema, dat bedoeld is voor centrales van matige grootte, is in *fig. 10* weergegeven. Inkomende verbindingen eindigen weer op ponsbandontvangers *RR*, waarvan er op elke bedieningsplaats een beperkt aantal zijn geplaatst. Elke telegrafiste heeft bovendien de beschikking over een zeker aantal ponsbandzenders *TT*, waarin zij de banden die van de ontvangers worden afgescheurd, plaatst. Na lezing van het adres of de adressen van bestemming van een telegram drukt de telegrafiste op een overeenkomstig aantal richtingsknoppen op het knoppenbord *PB* en ten slotte op de startknop op haar bedieningspaneel *CP*, behorende bij de zender in kwestie. De gegevens betreffende de gekozen richtingen worden dan overgeheveld naar de centrale merker *M*, die vervolgens onderzoekt of er lijncircuits *OCC*, behorende bij de gekozen richtingen, vrij zijn.

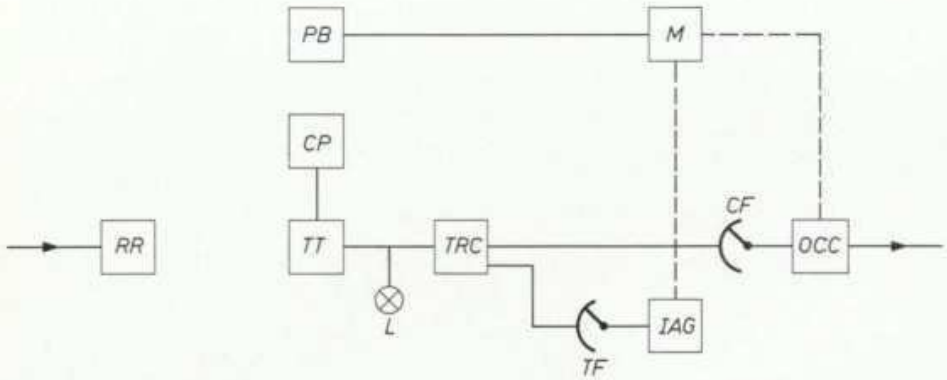


Fig. 10. Schema van een centrale, dat uit het schema van fig. 5 is ontwikkeld. Dit schema, dat verder in de tekst wordt beschreven, kan met voordeel worden toegepast in een niet te grote centrale met matig belaste uitgaande lijnen.

Zijn er een of meer lijnen in de verlangde richtingen vrij, dan stellen de verbindingszoekers *CF* der bijbehorende lijncircuits zich in verbinding met de zenderschakeling *TRC*, behorende bij de zender waarin het telegram wacht. Is er voor een of meer gekozen richtingen geen lijn vrij, dan wijst de merker een vrij individueel adresgeheugen *IAG* aan en dirigeert de zoeker *TF* eveneens naar de beschouwde zenderschakeling.

Het individuele adresgeheugen bevat een aantal relais, waarin de merker de richtingen waarvoor geen vrije lijn beschikbaar is, noteert. Dit geheugen is echter

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

niet in staat de tekst van het telegram zelf op te nemen. De merker verlaat vervolgens de verbinding, terwijl de ponsbandzender *TT* — indien er althans één gekozen richting vrij was gevonden — van het lijncircuit uit wordt gestart.

Waren niet alle gekozen richtingen vrij, en is er dus een individueel adresgeheugen aangeschakeld, dan zorgt dit ervoor dat bij de zender een signaallamp *L* gaat branden, ten teken dat een enkele uitzending niet voldoende zal zijn om het telegram naar alle bestemmingen door te sturen. Is de eerste uitzending beëindigd dan loopt de band uit de zender, waardoor er een contact wordt gesloten en de signaallamp *L* bij de zender gaat flikkeren. Dit is dan voor de telegrafiste aanleiding om de band opnieuw in te leggen en opnieuw op de startknop te drukken. Is of komt er een verbinding vrij naar een bestemming die aanvankelijk bezet was gevonden, dan zorgen de merker *M* en het *IAG* waarin al deze bestemmingen waren genoteerd, ervoor dat de verbindingszoeker van de desbetreffende lijn op de zenderstroomloop *TRC* wordt ingesteld en de zender opnieuw wordt gestart. Dit herhaalt zich tot het telegram naar alle gewenste bestemmingen is verzonden.

Eisen van continuïteit

Beschouwing van de schema's van de figuren 10, 5 en 8 doet zien dat deze een grote mate van verwantschap vertonen. Deze verwantschap is zodanig dat men van het schema van fig. 10 op dat van fig. 5, van fig. 5 op fig. 8 en van dit laatste op het — niet weergegeven — schema van een volledig automatische centrale kan overgaan en daarbij de bestaande apparatuur voor een groot deel kan blijven gebruiken. Hiermee wordt tegemoet gekomen aan de eis dat de centrale apparatuur geschikt moet zijn voor geleidelijke aanpassing bij verhoging van de graad van automatisering.

Samenvatting. Beschrijving van een groep van vier typen automatische telegraafcentrales, die geschikt zijn voor toepassing in telegraafnetten met kleine verkeersbundels. Door invoering van elektronische geheugens kunnen de telegrammen in de knooppunten van het net tijdelijk worden opgeslagen, als niet direct een lijn naar het volgende knooppunt ter beschikking staat. Daardoor wordt een gunstig lijnrendement verkregen. Deze geheugens maken het tevens mogelijk, tegemoet te komen aan een eis, die vaak wordt gesteld, om eenzelfde telegram automatisch naar een aantal verschillende bestemmingen te verzenden.

Naarmate het verkeersaanbod en het aantal te bedienen richtingen groter wordt, stijgen in het viertal typen centrales het aantal functies waarvoor elektronische geheugens economisch verantwoord zijn en het aantal functies die automatisch kunnen worden verricht. De reeks is zo ontworpen dat bij verhoging van de graad van automatisering een geleidelijke omzetting mogelijk is. De oorspronkelijke ontwikkeling had plaats in nauwe samenwerking met de „Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques" (SITA), ten behoeve van haar centrales in Londen en Parijs.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Magnetisch-band-geheugen voor telegraaftekens

H. van Kampen

621.318.24:621.394

Inleiding

Bij het hedendaagse telegraafverkeer wordt op ruime schaal gebruik gemaakt van verreschrijvers volgens het start-stop-principe. In de netten die op het gebruik van deze verreschrijvers zijn gebaseerd, is men thans algemeen bezig de schakelfuncties te automatiseren. Afhankelijk van de aard van het te automatiseren net volgt men daarbij twee zeer verschillende principes. Bij de openbare telexnetten bouwt men de verbinding op van afzender tot ontvanger van het telegram, alvorens met de uitwisseling van berichten te beginnen. Voor vele niet-openbare netten heeft men echter de oplossing gekozen om de telegrammen van knooppunt tot knooppunt te verzenden en ze in elk knooppunt, wanneer nodig, in geheugens op te slaan tot het ogenblik dat het beschikbaar komen van een verbinding naar het volgende knooppunt de verdere verzending mogelijk maakt.

In een artikel van P. Harkema in ditzelfde nummer[1] wordt een beschrijving gegeven van automatische telegraafcentrales die volgens dit beginsel zijn ontworpen. Hierin komen groepen geheugens voor waarin ferrietkernen als geheugenelementen zijn gebruikt. Een voordeel van dergelijke geheugens dat ons hier interesseert, is gelegen in de omstandigheid dat men daarin opgeslagen telegrammen zonder bezwaar verscheidene malen, ter verzending naar verschillende richtingen, kan uitlezen. In het genoemde artikel wordt er ook op gewezen dat het soms nodig is om aan bepaalde uitgaande lijnen individueel geheugens toe te voegen. Dit kan nodig zijn als een dergelijke lijn zoveel verkeer moet verwerken dat daardoor een ophoping van telegrammen voor deze lijn ontstaat, waardoor een overbelasting van de groep centrale ferrietkerngeheugens dreigt te worden veroorzaakt. Het voorzien in een individueel geheugen kan ook gewenst zijn als de uitgaande verbinding over een radiokanaal voert. Bij verreschrijfverbindingen over radiokanalen is het veelal gewoonte, gebruik te maken van zg. TOR-apparatuur. Deze apparatuur is in staat, verminkingen bij de overbrenging der telegraaftekens te onderkennen en laat, bij het constateren van een verminking, zoveel tekens herhalen als voor het herstellen van de verminking nodig zijn. Vooral bij slechte voortplantingscondities op het radiokanaal kan het aantal herhalingen groot zijn en wordt dus de gemiddelde seinsnelheid merkbaar kleiner dan de nominale. Het is duidelijk dat dan de toevoer van telegraaftekens aan de ingang van het kanaal aanzienlijk groter kan zijn dan de afvoer via het kanaal. Ook dan is het dus nodig, aan de ingang van het kanaal een geheugen te plaatsen waarin de telegrammen kunnen worden opgeslagen, ter ontlasting van de groep centrale geheugens.

In genoemde gevallen wordt niet vereist dat de telegrammen herhaalde malen uit het geheugen kunnen worden uitgelezen. Daar verder de vereiste geheugencapaciteit soms zoveel groter is dan bij een geheugen van de centrale groep dat de toepassing van ferrietkerngeheugens daarvoor oneconomisch wordt, heeft het zin, hiervoor andere oplossingen te zoeken.

In telegraafcentrales werden reeds lang papieren ponsbanden als geheugens gebruikt. Deze voldoen aan de eis van een grote geheugencapaciteit, doch hebben het nadeel dat de ponsband slechts eenmaal kan worden gebruikt. Bij druk verkeer zijn de kosten van het papierverbruik niet te verwaarlozen. Daarbij komt dat de mechanismen van ponsers en bandzenders tamelijk gecompliceerd zijn en regelmatig onderhoud vereisen. Bovendien kan het opraken van een rol ponsband op een ongelegen ogenblik tot buitendienststellen van het kanaal nopen.

Deze overwegingen hebben ertoe geleid, het hierna te beschrijven geheugen te ontwikkelen, waarbij de geheugenfunctie wordt vervuld door een magnetische band-zonder-eind van zodanige lengte dat daarop 40 000 telegraaftekens kunnen worden geregistreerd. Een dergelijke capaciteit is voor alle praktisch voorkomende gevallen voldoende. De nadelen van het gebruik van papieren ponsband worden door deze oplossing ondervangen. *Fig. 1* laat zien hoe de 20 m magnetische band, die voor het registreren van 40 000 tekens voldoende zijn, in een cassette zijn opgeborgen. Boven de cassette zijn afzonderlijke koppen voor schrijven en lezen, elk met hun eigen voortbewegingsmechanisme, aangebracht.

Het ontwerp

Bij het nagaan van de eisen die een geheugen met magnetisch band voor telegraaftekens moet vervullen, bleek al dadelijk dat de gangbare constructie, zoals deze bij de algemeen in zwang zijnde toestellen voor het registreren van muziek en spraak wordt toegepast, niet zou kunnen voldoen. In de eerste plaats zal het uit het

Ir. H. van Kampen, medewerker van N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

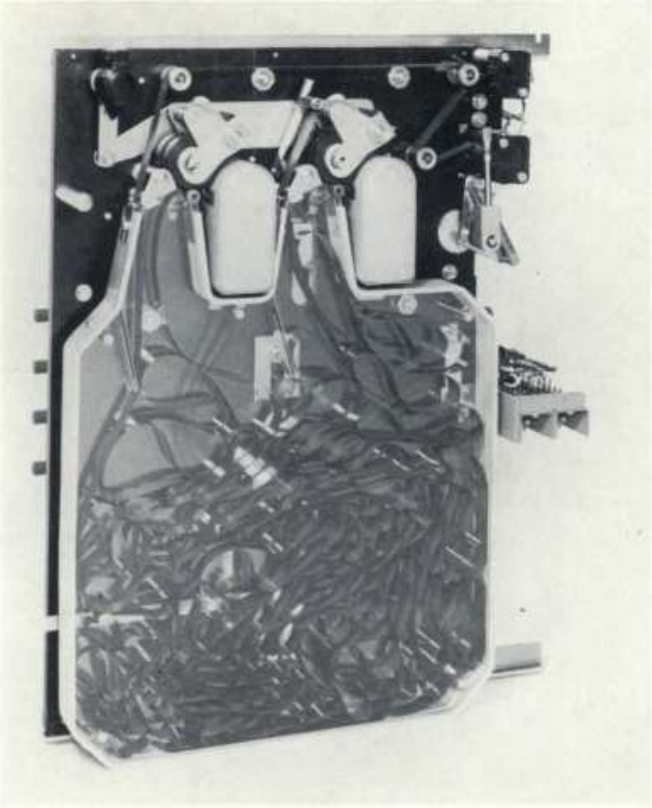


Fig. 1. De 20 m magnetische band, die voor de registrering van 40 000 verreschrijvertekens nodig zijn, worden in een cassette opgeborgen. Boven de cassette bevinden zich de schrijf- en leeskoppen met hun bijbehorende voortbewegingsmechanismen voor de magnetische band.

voorgaande duidelijk zijn dat de functies van schrijven en lezen onafhankelijk van elkaar en tegelijkertijd moeten kunnen worden uitgeoefend. Voor beide functies moeten een magnetische kop en een voortbewegingsmechanisme voor de band ter beschikking staan. Afzonderlijke voortbewegingsmechanismen maken het tevens mogelijk, bij het inschrijven en uitlezen verschillende seinsnelheden te gebruiken. De seinsnelheden der verreschrijvers die in de wereld in gebruik zijn, vertonen namelijk verschillen. In Europa en aangrenzende gebieden is door de CCITT een snelheid van 50 baud genormaliseerd. In de Verenigde Staten zijn echter vanouds ook snelheden van 45,45 en 56,88 baud in gebruik, terwijl men tegenwoordig de aanmerkelijke hogere snelheid van 74,2 baud toepast. Kiest men dus de inschrijfsnelheid anders dan de uitleessnelheid, dan kan men het geheugen ook gebruiken om netten waarin verschillende seinsnelheden worden gebruikt, met elkaar te koppelen.

De wenselijkheid, het geheugen met TOR-apparatuur te doen samenwerken, leidt tot de eis dat de magnetische band teken voor teken moet kunnen worden opgezet. Verder moet het starten en stoppen van de band van buiten af kunnen worden bestuurd.

Bij bandopnemers voor muziek en spraak wordt de band met constante snelheid langs de schrijf-leeskop gevoerd. De veranderingen in de magnetisering van de band induceren daarbij spanningen in het spoeltje dat om het magnetisch circuit van de kop is gelegd. Deze spanningen zijn evenredig met de frequentie van het af te lezen signaal. Bij seinsnelheden van 45,45 tot 74,2 baud komen dusdanig lage signaalfrequenties voor dat er geen bruikbaar uitgangssignaal kan worden verkregen.

Om deze redenen is een afleesmethode toegepast waarbij de uitgangsspanning slechts afhankelijk is van de waarde van het magnetische veld op het punt van aflezen, en niet van de veranderingen van het veld langs de band. De uitgangsspanning is dus ook niet afhankelijk van de snelheid waarmee de band langs de kop wordt gevoerd, en wordt niet beïnvloed door het feit dat de band stap voor stap langs de kop loopt.

Zoals bekend mag worden verondersteld, omvat een verreschrijverteken zeven elementen, die achtereenvolgens worden uitgezonden, en wel een startelement, vijf code-elementen en een stopelement. Alleen de vijf code-elementen behoeven op de band te worden geregistreerd. Voor elk code-element is op de 12,7 mm brede band een afzonderlijk spoor beschikbaar. Een zesde spoor wordt beschreven met een reeks van afwisselend positief en negatief gemagnetiseerde elementen en dient voor de besturing.

Zoals wij reeds vermeldden, wordt de magnetische band voor elk telegraafteken een stap opgezet. De tijd waarbinnen dit geschiedt is aanmerklijk korter dan de tijd nodig voor de uitzending van een volledig telegraafteken bij de hoogste voorkomende seinsnelheid van 74,2 baud. Het voortbewegingsmechanisme behoeft dus bij wijziging van de seinsnelheid geen verandering. De aanpassing kan geheel in de elektrische besturing worden gevonden en is hier op afstand bedienbaar gemaakt. De afstand waarover de band per teken wordt opgezet, bedraagt 0,5 mm, zodat dus voor 40 000 tekens 20 m band nodig zijn. Een dergelijke lengte kan in een casette van redelijke grootte, zoals fig. 1 te zien geeft, worden opgeborgen. Het behoeft na het voorgaande geen betoog dat de nodige hoeveelheid band niet door de gekozen seinsnelheid wordt beïnvloed.

Schrijven en lezen

Zoals wij reeds vermeldden, worden voor het lezen van de telegraaftekens in het hier beschreven geheugen niet de variaties van de magnetisatie langs de band bepaald, doch wordt steeds de volstrekte waarde daarvan gemeten. De hierbij gevolgde methode is gebaseerd op een door Kilburn c.s. [2] aangegeven beginsel. In af-

[1] P Harkema, Automatische telegraafcentrales met elektronische geheugens, Philips techn. T. **26**, 143-153, 1964/65(no. 4/5).
[2] T. Kilburn, G. R. Hoffman en P. Wolstenholme, Reading of magnetic records by reluctance variation, Proc. IEE **103**, suppl. no. 2, 333-336, 1956.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

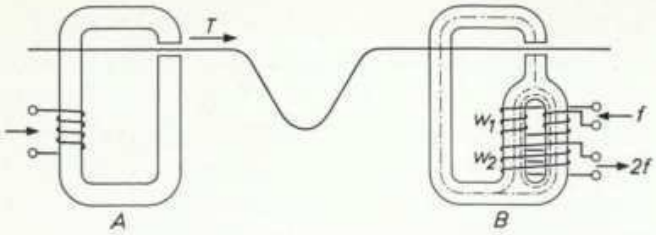


Fig. 2. Schematische voorstelling van de schrijf- en leeskoppen. Links de schrijfkop *A*, die een magnetisatie loodrecht op het vlak van de band *T* teweegbrengt. In het magnetische circuit van de leeskop *B* is een splitsing aangebracht, waarop twee wikkelingen w_1 en w_2 zijn geplaatst. De functie van dit onderdeel wordt in de tekst beschreven.

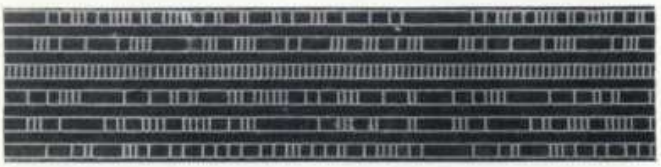


Fig. 3. Wijze waarop de vijf code-elementen van een verreschrijfverteken op vijf sporen van de magnetische band worden geregistreerd. Een zesde spoor (spoor 3 op de band) wordt beschreven met een reeks van afwisselend positief en negatief gemagnetiseerde elementen en dient voor de besturing.

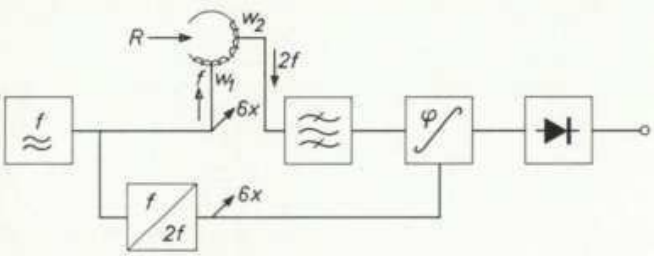


Fig. 4. Schakeling waarin de wikkelingen w_1 en w_2 van de leeskop *R* zijn opgenomen. φ fazediscriminator.

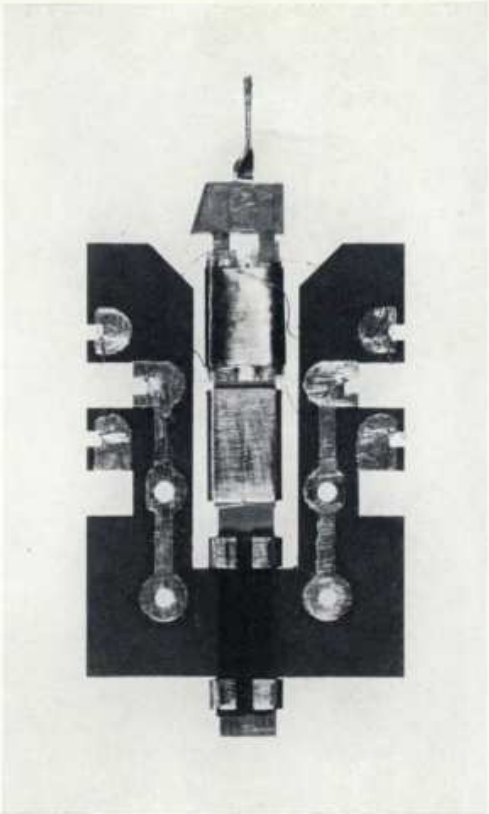


Fig. 5. Een deel van de leeskop *B* uit fig. 2. De uiteinden der wikkelingen w_1 en w_2 zijn afgewerkt op een plaatje hardpapier, dat aan het middendeel van magnetisch materiaal is bevestigd. De kop eindigt in een smalle punt, waar de magnetische band langs loopt. Onder de punt is de splitsing van het magnetische circuit te zien. De constructie is zeer plat, omdat zes van deze koppen naast elkaar op de breedte van de magnetische band — deze bedraagt 12,5 mm — moeten worden geplaatst.

wijking van de door deze auteurs gevolgde werkwijze hebben wij de magnetisatie loodrecht op het vlak van de band gesteld in plaats van erlangs, omdat zo ook bij een opeenvolging van tekenelementen van gelijke polariteit een uittredend veld en dus een meetbaar signaal wordt verkregen.

In *fig. 2* zijn schematisch een schrijf- en een leeskop weergegeven. De lezer zal er zich rekenschap van geven, dat deze combinatie in zesvoud aanwezig is. In *fig. 3* is vergroot weergegeven hoe de vijf sporen met code-elementen en het zesde spoor met besturingselementen op de magnetische band zijn gerangschikt. Naar analogie van de gebruikelijke rangschikking der ponsgaten op een papieren band is spoor 3 voor de besturing bestemd, terwijl de overige sporen de codetekens dragen.

De werking van de schrijfkop zal geen nadere toelichting behoeven. In het magnetische circuit van de leeskop is op zodanige wijze een splitsing aangebracht dat een gesloten magnetisch nevencircuit is ontstaan. Op de benen van dit nevencircuit bevinden zich twee wikkelingen w_1 en w_2. Wikkeling w_1 is zo geschakeld dat een hierdoor lopende stroom wel een rondgaande magnetisatie in het nevencircuit opwekt, doch niet in het hoofdcircuit. Wikkeling w_2 is een meetwikkeling en is niet gevoelig voor variaties van de rondgaande magnetisatie in het nevencircuit, doch wel voor variaties in het hoofdcircuit.

Door wikkeling w_1 loopt constant een hulpwisselstroom met frequentie f, met een zodanige amplitude dat in het nevencircuit periodiek magnetische verzadiging optreedt. Deze verzadiging in het nevencircuit heeft tot gevolg dat de magnetische weerstand in het hoofdcircuit steeds hoog is, behalve op de ogenblikken van nuldoorgang van de stroom door w_1. Slechts op die ogenblikken kan het veld van de band een merkbare magnetisatie in het hoofdcircuit tot stand brengen. Aangezien er twee nuldoorgangen per periode van de wisselstroom door w_1 zijn, wordt op deze wijze in w_2 een wisselspanning met frequentie $2f$ opgewekt.

Het zal bij aandachtige beschouwing duidelijk zijn dat, wanneer bij verplaatsing van de band het magnetische veld van richting omkeert, de faze van de wisselspanning in w_2 een verandering van 180° ondergaat. Hiervan is in de afleesschakeling volgens het schema van *fig. 4* gebruik gemaakt. Een generator wekt een wisselspanning met frequentie f op, die wikkeling w_1 van de leeskop *R* voedt. Uit w_2 wordt een wisselspanning met frequentie $2f$ verkregen, die via een banddoor-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

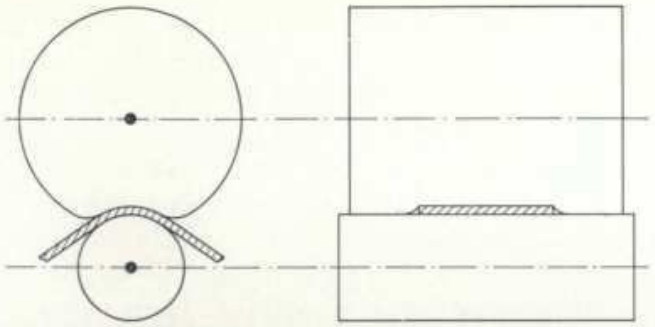


Fig. 6. Het voortbewegingsmechanisme van de magnetische band vergroot weergegeven. Links is te zien hoe de band tussen een stalen rolletje en een elastische rubber rol doorloopt. Daar het stalen rolletje te glad is om de band rechtstreeks te drijven, is de rubber rol breder dan de magnetische band gemaakt. Rechts is te zien hoe het stalen rolletje aan weerszijden van de band de rubber rol drijft, waarvan het middendeel de band meeneemt.

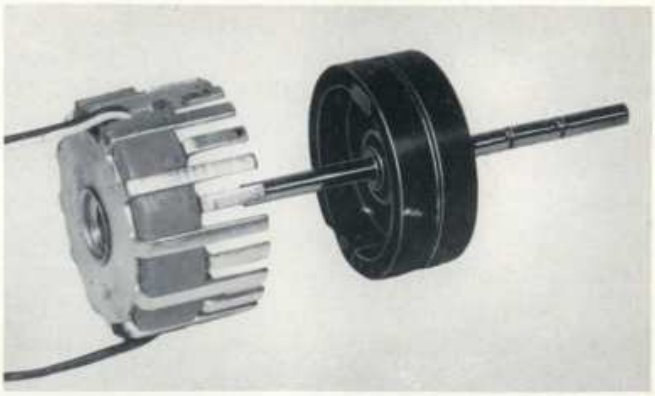


Fig. 7. De ferroxdure rotor (rechts) en een van de twee stators van de drijfmotor. In de stator ligt een schijfvormige spoel tussen twee eindplaten, die elk twaalf omgezette tanden hebben.

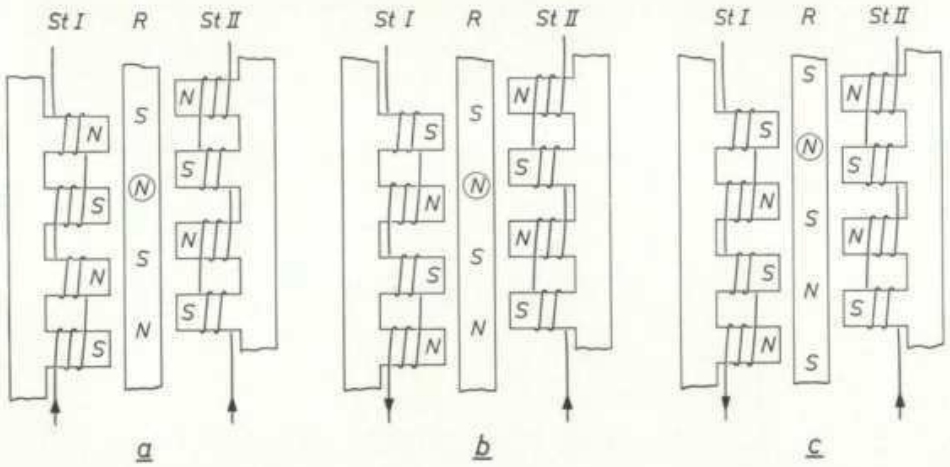


Fig. 8. Uitslagtekening van de rotor R en de twee statoren St_I en St_{II}. In de ruststand a stelt een noordpool van de rotor zich in op de verbindingslijn tussen twee zuidpolen. In b is de rotor nog in dezelfde stand gehouden, doch de stroom in de linker stator is gecommuteerd. De rotor ondervindt een kracht naar boven en begeeft zich dus naar de stand in c.

laatfilter ter onderdrukking van ongewenste frequentiecomponenten, aan een fazediscriminator φ wordt toegevoerd. Als vergelijkingsspanning dient een spanning met onveranderlijke faze en frequentie $2f$, die door een verdubbelaar uit de frequentie van de eerdergenoemde generator wordt verkregen. De fazediscriminator wordt zo ingesteld dat hij voor een bepaalde richting van het veld op de magnetische band een positieve uitgangsspanning, en voor de tegengestelde richting een negatieve uitgangsspanning levert.

Fig. 5 toont de constructie van dat deel van een leeskop waarop de wikkelingen w_1 en w_2 zijn aangebracht. Het magnetische circuit wordt verder gesloten door een voor alle zes leeskoppen gemeenschappelijk juk.

De voortbeweging van de magnetische band

De band wordt bij elke aandrijving over een stalen rolletje gevoerd. Dit rolletje wordt door een nog nader te beschrijven motor via tandwielen gedreven en heeft een zodanige diameter dat de band zich over een afstand van 3 mm verplaatst als de motor een volledige omwenteling maakt. Daar per teken 0,5 mm bandlengte in beslag wordt genomen, maakt dus de motor een zesde omwenteling voor elk te registreren teken. Het rolletje is glad en kan niet rechtstreeks voor de voortbeweging van de magnetische band dienen. In het linker deel van *fig. 6* is te zien dat de band door een rol van tamelijk veerkrachtige rubber tegen het drijvende metalen rolletje wordt gedrukt. Deze rubber rol is breder dan de magnetische band, puilt, zoals in het rechter deel van de figuur is te zien, aan weerszijden daarover heen en drukt zo eveneens tegen het stalen rolletje. De wrijving tussen de rubber rol en het stalen rolletje is voldoende om de eerste door het laatste zonder slippen te kunnen doen drijven. De rubber rol drijft op zijn beurt de magnetische band weer zonder slippen.

Het motortje dat de drijvende kracht levert, heeft twee gelijke stators en een ferroxdure rotor. Deze rotor is met een der stators in *fig. 7* afgebeeld. In elke stator ligt een schijfvormige spoel tussen twee door een bus verbonden weekijzeren platen, die elk twaalf omgezette tanden hebben. Bij bekrachtiging van de spoel ontstaan twaalf poolparen aan de tanden van de stator. De rotor is zodanig permanent gemagnetiseerd dat langs zijn omtrek eveneens twaalf poolparen liggen. In *fig. 8* is te zien dat de beide stators St_I en St_{II} een halve poolsteek ten opzichte van elkaar verzet zijn.

Bij constante bekachtiging der beide statorspoelen,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zoals b.v. in fig. 8*a*, zal de rotor zich steeds zo instellen dat een noordpool van de rotor zich op de verbindingslijn tussen twee zuidpolen der beide stators plaatst. Wordt de stroom, zoals in fig. 8*b*, waarin de rotor nog dezelfde stand inneemt als in fig. 8*a*, in een der statorspoelen omgekeerd, dan wordt een noordpool van de rotor door de twee daarbeneden liggende noordpolen der stators afgestoten en door de beide erboven liggende zuidpolen aangetrokken. De draairichting van de rotor is dus bepaald en deze schuift een halve poolsteek op naar de in fig. 8*c* weergegeven stand. Het is makkelijk na te gaan dat, als men de stroom afwisselend in de ene en de andere statorspoel commuteert, de rotor regelmatig voortstapt. In totaal heeft de rotor 48 discrete standen en voor het voortbewegen van de band over de lengte van een teken moet de motor 8 stappen maken

De werking van het geheel

Fig. 9 geeft schematisch de voornaamste delen van het geheugen weer. Links in de figuur bevindt zich de ontvangverdeler *A*. Deze ontvangt de telegraaftekens, waarvan de elementen achtereenvolgend binnenkomen. Bij het binnenkomen van het startelement van een telegraafteken wordt de ontvangverdeler gestart. De vijf code-elementen worden vastgelegd in evenzoveel flipflopschakelingen. Als het stopelement binnenkomt, wordt de inhoud der vijf genoemde flipflops overgeschreven naar een zelfde aantal flipflops in de schrijfversterkers $C_{1,\ 2,\ 4,\ 5,\ 6}$. Tegelijkertijd wordt de overeenkomstige flipflop in versterker C_3 omgezet, zodat het door deze versterker ingeschreven tekenelement de tegengestelde polariteit krijgt van het daaraan voorafgaande. De ontvangverdeler is meteen gereed voor de ontvangst van het volgende telegraafteken.

Op het ogenblik dat de inhoud van het teken naar de schrijfversterkers wordt overgeschreven, gaat er een signaal naar de besturingsschakeling *E*, die de aandrijfmotor M_1, behorende bij de schrijfkoppen *F*, inschakelt en 8 stappen laat doen. Terwijl daarbij de band 0,5 mm opschuift, worden de zes elementen gelijktijdig op de band geregistreerd. Zoals wij reeds vermeldden, geschiedt het opschuiven van de band zo snel dat dit steeds beëindigd is vóór de ontvangverdeler een eventueel direct op het eerste volgend teken geheel kan hebben ontvangen.

Zolang het geheugen geen tekst meer bevat die voor heruitzending in aanmerking komt, staat de magnetische band tussen de schrijf- en leeskoppen strak. Op het ogenblik dat de band strak komt te staan, legt deze een hefboompje om, dat een contact bedient. Daardoor wordt de aandrijfmotor M_2 voor de leeskop *G* uitgeschakeld. Komt er een nieuw telegram binnen, dan gaat de motor van de schrijfkop lopen en het gedeelte *H* van de magnetische band gaat slap hangen. Als gevolg hiervan wordt de motor van de leeskop weer ingeschakeld en de band loopt onder de leeskop door.

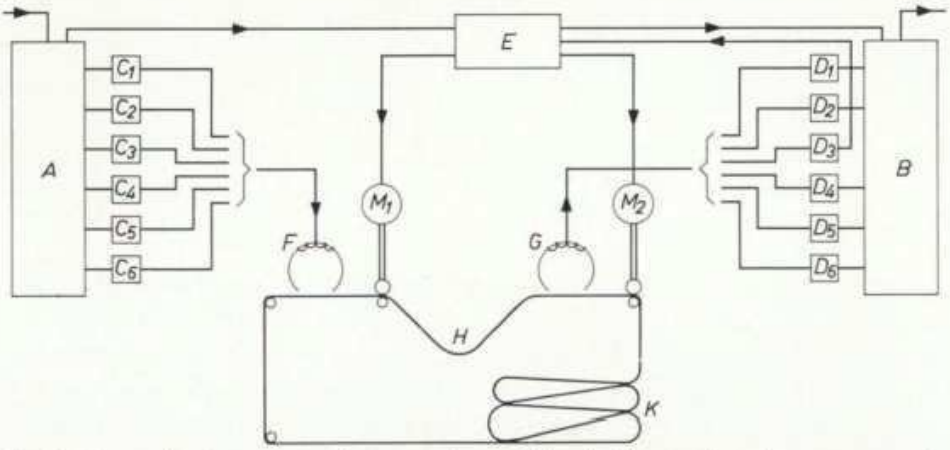


Fig. 9. Schema dat de samenwerking tussen de verschillende delen van het geheugen weergeeft. *A* ontvangverdeler; *B* zendverdeler; C_1 t/m C_6 schrijfversterkers; D_1 t/m D_6 leesversterkers; *E* besturing; *F* schrijfkop; *G* leeskop; *H* geheugenlus; *K* voorraadlus; M_1 en M_2 aandrijfmotoren.

Zoals wij zo dadelijk nog zullen uitleggen, staat op het gedeelte van de band dat zich in de rusttoestand tussen schrijf- en leeskop bevindt, geen tekst. Met deze toestand gaat gepaard dat de elementen van het besturingsspoor over deze afstand alle met dezelfde polariteit zijn ingeschreven. De eerste polariteitswisseling op dit spoor treedt pas weer op bij het eerste ingeschreven teken van het nieuw binnenkomende telegram. Zodra de leesversterker D_3 een polariteitswisseling op het besturingsspoor weerneemt, wordt de motor van de leeskop weer gestopt. De eventuele heruitzending van het teken dat zich onder de zes leeskoppen be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

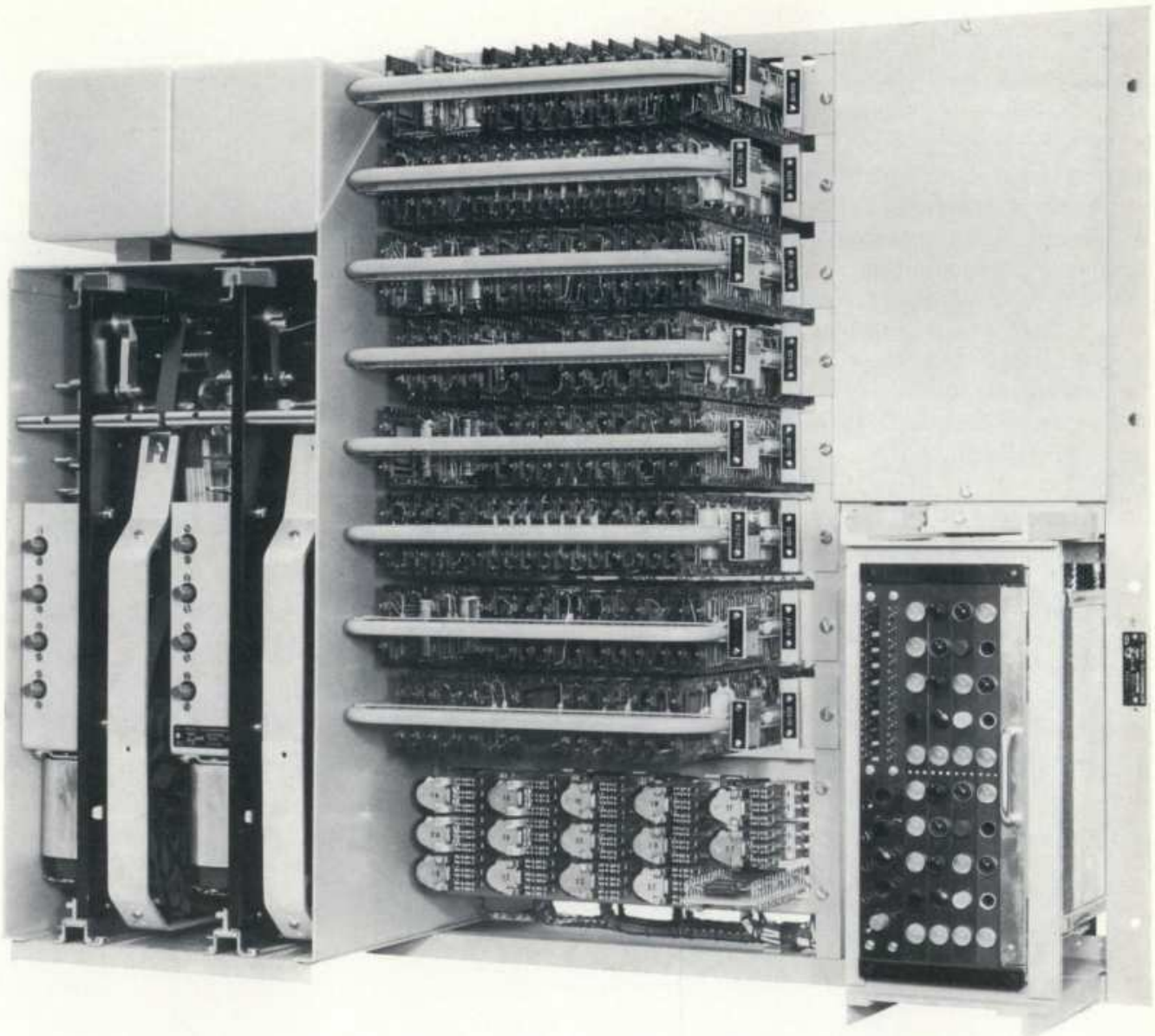


Fig. 10. Twee complete geheugens worden op één freem gemonteerd. Links de twee cassettes met de magnetische band. Erboven de leesversterkers, die in hermetisch gesloten dozen zijn ondergebracht. De overige elektronische apparatuur is gemonteerd op platen hardpapier, die in groepen uitneembaar zijn voor onderhoud. Rechts een controlepaneel met lampen en klinken.

vindt, is dan afhankelijk van de vraag of het telegraafkanaal dat met de uitgang van de zendverdeler *B* is verbonden, het teken kan accepteren.

Wanneer het uitgaande kanaal het eerste teken kan opnemen, geeft het een overeenkomstig signaal aan de zendverdeler *B*. Als gevolg hiervan lezen de versterkers $D_{1, 2, 4, 5, 6}$ de elementen van het teken gelijktijdig van de band en hevelen de informatie terstond daarna over naar een vijftal flipflops in de zendverdeler. De laatste zendt de vijf code-elementen van het teken na elkaar uit, voorafgegaan door een startelement en gevolgd door een stopelement. Op het ogenblik dat deze uitzending begint, wordt echter ook de motor bij de leeskop gestart en de band wordt opgeschoven totdat een nieuwe polariteitswisseling op het besturingsspoor gedetecteerd is. In afwachting van het volgende commando uit de schakeling die bij het uitgaande kanaal behoort, staat dan het volgende teken voor aflezing gereed onder de leeskoppen.

Wanneer het telegram geheel ontvangen is, neemt de ontvangverdeler geen startelement meer waar en de schrijfmotor houdt op met stappen. Aan de leeszijde blijft de motor de band zolang voortbewegen, totdat deze strak komt te staan. Hierdoor komt de eerder genoemde hefboom in werking en schakelt de leesmotor uit. Aangezien er zich nu tussen de schrijf- en leeskoppen een stuk band bevindt waarop een nog niet uitgezonden deel van het telegram is geschreven, wordt on-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

middellijk de schrijfmotor weer gestart door de besturing. Deze laat de schrijfmotor lang genoeg lopen om voldoende band bij te voeden voor het volledig uitzenden van de staart van het telegram. De omstandigheid dat de schrijfmotor nu loopt zonder dat er gelijktijdig tekens binnenkomen, heeft tot gevolg dat de polariteit van de schrijfstroom door de derde kop niet verandert. Aangezien er tijdens het bijvoeden van band een nieuw telegram kan beginnen binnen te komen, is de schakeling zo ingericht dat bij ontvangst van een startelement de schrijfmotor onmiddellijk stopt met bijvoeden van band en weer onder besturing der binnenkomende tekens voort gaat stappen. Ten slotte willen wij nog vermelden dat bij het inschrijven van de verschillende tekenelementen de magnetische laag steeds tot verzadiging wordt gebracht. Het is daardoor niet nodig, de ingeschreven informatie na het aflezen uit te wissen.

Bouw van de apparatuur

Zoals *fig. 10* laat zien, worden de cassettes die fig. 1 weergeeft, twee aan twee met de bijbehorende apparatuur op een freem gemonteerd. Direct boven de cassettes zijn de twee stellen leesversterkers in hermetisch sluitende dozen gemonteerd. Dit laatste is nodig, omdat deze versterkers binnen zeer nauwe toleranties moeten werken. In de cassettes zijn de schrijf- en leeskoppen magnetisch afgeschermd om ze te vrijwaren voor storende beïnvloeding, o.a. door het aardmagnetische veld.

De overige elektronische apparatuur is minder gevoelig en is op smalle, verticaal geplaatste stroken hardpapier op het middelste deel van het rek gemonteerd. Deze stroken zijn in horizontale groepen tot eenheden samengevat. Elke eenheid kan met behulp van de ervoorlangslopende beugel uit het rek worden getrokken wanneer het onderhoud dit nodig maakt.

Op een ter rechterzijde van het rek geplaatst controlepaneel zijn o.a. een aantal signaleringslampen en meetklinken bijeengebracht.

Samenvatting. Beschrijving van een geheugen voor het opslaan van verreschrijvertekens in automatische telegraafcentrales. Door toepassing van magnetisch band als registratiemateriaal is een capaciteit van 40 000 tekens verkregen. Met het oog op de lage frequenties die bij het overseinen van telegraaftekens worden gebruikt, is een statische methode toegepast voor het aflezen van de tekens van de band. De band loopt niet met gelijkmatige snelheid, doch wordt stap voor stap voortbewogen. Deze voortbeweging geschiedt met behulp van een stappenmotor van zeer eenvoudige constructie. Het geheugen kan voor de verschillende seinsnelheden die bij verreschrijvers gangbaar zijn, worden gebruikt. De hiervoor nodige aanpassing komt geheel elektrisch tot stand, zonder ingreep in het mechanisme.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Televisiezenders voor het gebied van ultrahoge frequenties

J. A. van der Vorm Lucardie

621.397.61.029.6

Inleiding

Voor de verzorging van televisie- en geluidsomroepprogramma's zijn bij internationale afspraak een aantal frequentiebanden gereserveerd in het gebied van zeer hoge en ultrahoge frequenties. In deze gebieden, die men, naar de Engelse benamingen, verkort als de VHF- en UHF-gebieden pleegt aan te duiden, zijn in totaal vijf banden beschikbaar. De banden I, II en III liggen in het VHF-, de banden IV en V in het UHF-gebied. Band II wordt voor de geluidsomroep gebruikt, terwijl de overige aan de televisieomroep zijn toegewezen.

Men heeft de wereld in drie hoofdgebieden verdeeld. De ligging der frequentiebanden vertoont voor deze drie gebieden enige verschillen. Voor Europa, het Nabije Oosten en Noord-Afrika is de ligging het laatst vastgesteld in 1961 tijdens een conferentie te Stockholm [1]. Daar het gebruik van frequenties in de UHF-banden IV en V nog slechts in een beginstadium verkeerde, konden voor dit gebied zowel de per televisiekanaal beschikbare bandbreedte — 8 MHz — als de ligging van de beelddraaggolffrequenties binnen de banden IV en V uniform worden vastgesteld.

Volledigheidshalve volgt hieronder de ligging der banden:

Band I : 41 — 68 MHz (7,3 — 4,4 m),
Band II : 87,5 — 100 MHz (3,4 — 3 m),
Band III : 162 — 230 MHz (1,85 — 1,3 m),
Band IV : 470 — 582 MHz (64 cm — 51 cm),
Band V : 582 — 960 MHz (51 cm — 31 cm).

Uit dit overzicht is te zien dat de breedte der banden I en III betrekkelijk gering is, zodat daarin slechts een beperkt aantal TV-kanalen kan worden ondergebracht.

Het verzorgingsgebied van een televisiezender — d.w.z. het gebied waarbinnen een voldoende veldsterkte kan worden gewaarborgd om een goede beeldkwaliteit te verzekeren — is afhankelijk van de antennehoogte en is beperkt tot een straal van ongeveer 60 km voor de grote stations. Het storingsgebied strekt zich echter veel verder uit, waardoor de afstand tussen twee zenders die dezelfde frequentie willen gebruiken, enige honderden kilometers moet bedragen. Als gevolg hiervan is het niet mogelijk om, zelfs bij uitzending van een enkel televisieprogramma, met het aantal kanalen dat in de banden I en III beschikbaar is, een geheel gesloten patroon van verzorgingsgebieden, zoals dit in Europa gewenst wordt, tot stand te brengen. Om dit te kunnen bereiken zijn nog een aantal kanalen in het UHF-gebied nodig.

Naast de genoemde behoefte is echter een veel grotere ontstaan door het streven, behalve het eerste nog een tweede en zelfs een derde televisieprogramma uit te zenden. Door de veel grotere breedte der banden IV en V is daarin voldoende ruimte om deze behoefte te dekken.

Bij de constructie van televisiezenders voor het UHF-gebied ontmoet men een aantal problemen die in het bijzonder voor deze hoge frequenties gelden. Aan deze problemen zullen wij in dit artikel in het bijzonder aandacht besteden.

Het vereiste vermogen voor een zender in band IV en V

Voor het bereiken van een goede kwaliteit van het televisiebeeld is een zekere minimale veldsterkte noodzakelijk. Vergroting van de veldsterkte kan men, behalve door vergroting van het zendvermogen, ook bereiken door de hoogfrequente energie niet in alle richtingen gelijkmatig uit te stralen, doch deze zeer sterk in het horizontale vlak te bundelen. Hiervoor zijn een aantal antenneconstructies beschikbaar. Als gevolg hiervan pleegt men bij een televisiezender te spreken van het „effectief uitgestraalde vermogen", waarbij men het aan de antenne toegevoerde vermogen vermenigvuldigd heeft met een factor die door de toegepaste antenneconstructie wordt bepaald. Deze factor drukt men uit in decibels in noemt men dan de antennewinst.

Rekening houdend met de effectieve antennehoogte, de winst van de ontvangantenne en de ruisbijdrage van de ontvanger, blijkt het effectief uitgestraalde vermogen van een UHF-station voor gelijke ontvangstkwaliteit ongeveer 10 dB groter te moeten zijn dan dat van een VHF-station. Daar het effectief uitgestraalde vermogen van de grote stations in de banden I en III dertig tot honderd kW bedraagt, zal in de banden IV en V een effectief uitgestraald vermogen van 300 tot 1000 kW nodig zijn.

Bij de beschouwde frequenties valt de grens van het verzorgingsgebied vrijwel samen met de optische horizon, van de antenne uit gezien; men zal dus trachten de

Ir. J. A. van der Vorm Lucardie, medewerker van N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum.

[1] Final acts of the European VHF/UHF broadcasting conference-Stockholm, 1961, uitgegeven door de Union Internationale des Télécommunications, Genève.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

antenne zo hoog mogelijk te plaatsen. Door de verkorting van de golflengte kan men in de banden IV en V de antennewinst, met behoud van economisch verantwoorde afmetingen van de zendantenne, veel groter maken dan in de banden I, II en III. De grens wordt hierbij door de mechanische constructie bepaald. Bij een zeer hoge antennewinst en een dienovereenkomstige geringe bundelbreedte worden hoge eisen gesteld aan de stabiliteit van draagmast en antenne. De maximaal te bereiken winst bedraagt ongeveer een factor 50. Houdt men ten slotte rekening met de omstandigheid dat er bij de frequenties der banden IV en V in de coaxiale verbindingskabel tussen de zender en de hooggeplaatste antenne zeer merkbare verliezen optreden, dan komt men tot het resultaat dat zendervermogens van 10 tot 40 kW nodig zijn.

In overeenstemming met deze uitkomst is bij de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie allereerst een 10-kW-zender ontwikkeld, die wordt gevolgd door een zender van 20 kW. Voor kleinere verzorgingsgebieden is ook nog een 2-kW-zender beschikbaar. Al deze zenders zijn geschikt voor kleurentelevisie. Door parallelschakeling van twee zenders kunnen de dubbele vermogens worden bereikt. Een dergelijke parallelschakeling heeft het voordeel dat bij storing in één zender de uitzending, zij het met verminderd vermogen, zonder onderbreking door kan gaan. Wij komen op dit punt nog nader terug.

Algemene opzet van een televisiezender

Wat men in het gewone spraakgebruik een televisiezender noemt, is in werkelijkheid een combinatie van twee zenders, waarvan de ene voor de beelduitzending en de andere voor de uitzending van het bijbehorende geluid dient. Daar de antenne met zijn voedingskabel een kostbare constructie is, worden steeds de beide zenders via een combinatienetwerk op dezelfde antenne aangesloten. Voor dit netwerk heeft zich bij televisiezenders de benaming diplexer ingeburgerd. Het verhindert dat er energie uit de beeldzender in de geluidszender terechtkomt, en omgekeerd.

De essentiële delen van de beeldzender zijn in *fig. 1* weergegeven. Een kristaloscillator *A* genereert een spanning waarvan de frequentie een geheel aantal malen in de zendfrequentie is begrepen. In het deel *B* wordt door vermenigvuldiging de zendfrequentie bereikt. In *C* wordt de hoogfrequente spanning gemoduleerd met het videosignaal, dat tevoren in de beeldmodulator *E* wordt versterkt. Over het algemeen vindt de modulatie zo dicht mogelijk bij de eindtrap plaats, en soms ook wel in de eindtrap. Hierdoor wordt de afstemming van de zender vereenvoudigd en de stabiliteit verbeterd. In de eindtrap *D* wordt het gemoduleerde signaal versterkt tot het uitgangsniveau.

Voor de beelduitzending wordt amplitudemodulatie toegepast. De in de ether in beslag genomen bandbreedte beperkt men door een groot deel van de benedenzijband van het gemoduleerde signaal te onderdrukken. Bij televisiezenders waarbij in de eindtrap wordt gemoduleerd, is het algemeen gebruikelijk hiertoe de eindtrap door een filter te doen volgen, dat men met de

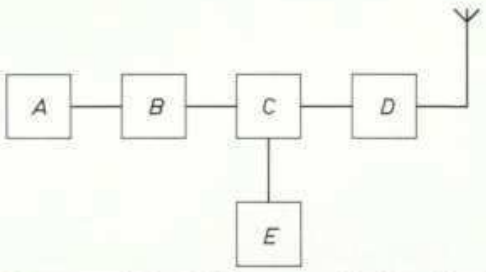


Fig. 1. Schema van de hoofddelen van een beeldzender. *A* kristaloscillator; *B* frequentievermenigvuldigers; *C* gemoduleerde versterker; *D* eindversterker; *E* videomodulator.

diplexer combineert. Deze combinatie betitelt men als een filterplexer. In de hierna te beschrijven zender kon, doordat een klystron als eindversterkbuis wordt toegepast, met een diplexer worden volstaan. De onderdrukking van de benedenzijband vindt plaats door een eenvoudig coaxiaal filter op een vóór de eindversterker liggend punt.

De geluidszender werkt met frequentiemodulatie, zoals hiervoor het meest gebruikelijk is. Ook hier begint men met de opwekking van een spanning met een veel lagere dan de zendfrequentie. Dit gebeurt in de oscillator A_1 (zie *fig. 2*), waarvan de frequentie door het geluidssignaal, dat in versterker *F* wordt versterkt, rechtstreeks wordt gemoduleerd. Oscillator A_1 kan dus geen kristalbesturing hebben en bezit een overeenkomstig lagere stabiliteit. Zou men de frequentie van A_1 op overeenkomstige wijze als in de beeldzender uitsluitend door vermenigvuldiging op de eindwaarde brengen, dan zou de noodzakelijke grote vermenigvuldigingsfactor een even grote vermenigvuldiging van de afwijkingen die de gemiddelde frequentie van oscillator A_1 ten opzichte van zijn nominale waarde vertoont, ten gevolge hebben. De uitgangsfrequentie van A_1 wordt allereerst in V_1 verdubbeld en dan in een schakeling *C* vergeleken met de frequentie van een kristaloscillator A_2. De vergelijkingsschakeling levert een regelspanning die de gemiddelde frequentie van A_1 bij gevonden afwijkingen corrigeert. De uitgangsfrequentie van V_1 wordt in V_2 verdrievoudigd; het uitgangssignaal van V_2 wordt vervolgens in *M* gemengd met dat van een kristaloscillator A_3 waarvan de frequentie gelijk is aan de halve gemiddelde zendfrequentie, verminderd met de uitgangsfrequentie van V_2. De frequentie van het uitgangssignaal van *M* is daar-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

door (na onderdrukking van ongewenste mengprodukten) gelijk aan de halve gemiddelde zendfrequentie. In een verdubbelaar V_3 wordt ten slotte de zendfrequentie bereikt. Na V_3 volgen dan de vermogensversterker D en de eindtrap E.

Zoals wij reeds deden opmerken, werkt de geluidszender in dezelfde frequentieband als de beeldzender.

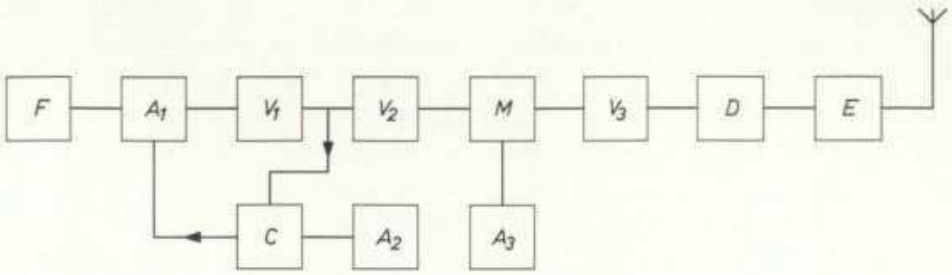


Fig. 2. Schema van de hoofddelen van een geluidszender voor frequentiemodulatie. A_1 in frequentie gemoduleerde oscillator; F geluidsversterker/modulator; V_1 verdubbelaar; C vergelijkingsschakeling; A_2 kristaloscillator; V_2 verdrievoudiger; M mengschakeling; A_3 kristaloscillator; V_3 verdubbelaar; D vermogensversterker; E eindversterker.

De constructieve problemen lopen daardoor voor beide zenders in hoofdzaak parallel. Bij de beeldzender doen zich, in vergelijking met de geluidszender, twee bijzondere problemen voor, die hun oorsprong vinden in de omstandigheid dat het vermogen van de beeldzender ongeveer vijf maal zo groot is als dat van de geluidszender, en daarin dat de, voor de beeldzender nodige bandbreedte enige MHz, die voor de geluidszender enige kHz bedraagt. In de hierna volgende beschrijving zullen wij ons daarom tot de beeldzender beperken.

Bij de hoge frequenties der banden IV en V vormt de keuze van de zendbuizen voor de eindversterker in de beeldzender, althans bij uitgangsvermogens van 10 tot 20 kW, een probleem. Wij zullen allereerst aan dit punt een beschouwing wijden.

Zendbuizen voor de eindtrap van de beeldzender

Bij de constructie van de laatste versterkertrap van zenders voor de banden I en III maakt Philips over het algemeen gebruik van tetrodes in balansschakeling. Gaat men over naar de frequenties in het UHF-gebied, dan ontmoet men twee moeilijkheden. In de eerste plaats wordt bij deze frequenties de golflengte vergelijkbaar met de afmetingen van de gebruikte onderdelen. Om ongewenste stralings- en koppelingseffecten, die op velerlei wijze onstabiliteit kunnen veroorzaken, te vermijden, moet men dan overgaan op coaxiale technieken, waarbij de voordelen van de eenvoudige constructie van de balansschakelingen vervallen. Dit houdt dan echter in dat het volle zendvermogen veel eenvoudiger door één in plaats van door twee buizen kan worden geleverd.

Een tweede verschijnsel is, dat bij de frequenties van het UHF-gebied de elektronenlooptijden aanleiding geven tot het optreden van storingen in de werking van de buizen. Wij zullen dit verschijnsel hier niet nader analyseren, doch volstaan met te wijzen op het feit dat daardoor het nuttig effect en het afgegeven vermogen van tetrodes sterk achteruit gaan. Hiertegen ligt natuurlijk de remedie voor de hand, de onderlinge afstanden der elektroden zo klein mogelijk te maken. Aan de verkleining dezer afstanden is echter een grens gesteld doordat, speciaal bij buizen voor een vermogen van een of meer tientallen kilowatts, de thermische materiaalbelastingen steeds groter worden. Ten dele kan men aan dit bezwaar tegemoet komen door het glas door keramisch isolatiemateriaal te vervangen, doch men komt bij grote buizen ook dan aan de grens van het mogelijke.

Voor de hier beschreven zender is daarom gebruik gemaakt van een alternatieve mogelijkheid, de toepassing van klystrons of inhaalbuizen. Het beginsel van de werking van het klystron is op vele plaatsen beschreven, o.a. in vroegere artikelen in dit tijdschrift [2], zodat wij dit hier niet opnieuw zullen doen. Wij willen slechts in herinnering brengen dat bij dit type buizen een bundel elektronen wordt gezonden door een buisvormige ruimte die in beginsel op twee plaatsen door een spleet is onderbroken. Zet men over de eerste spleet die de bundel elektronen passeert een wisselspanning, dan ontstaat daardoor een snelheidsmodulatie der elektronen die, nadat deze laatste zich over een zekere afstand binnen de buis hebben verplaatst, aanleiding geeft tot een dichtheidsmodulatie van de elektronenstroom. Kiest men de afmetingen van de buis zo, dat het gebied waarin deze dichtheidsmodulatie het grootst is, samenvalt met de plaats waar zich de tweede spleet bevindt, dan kan men, door deze spleet door een afgestemde kring te overbruggen, energie aan de elektronenbundel onttrekken. Het aldus verkregen hoogfrequente vermogen is vele malen groter dan dat, nodig

[2] Zie b.v. B. B. van Iperen, Inhaalbuizen voor 100 tot 1000 watt continu vermogen, Philips techn. T. **13**, 181-195, 1951.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voor het instandhouden van de modulatiespanning over de eerste spleet, zodat de buis als versterker kan werken.

De versterkende werking kan nog worden vergroot door verscheidene spleten en inhaalruimten achter elkaar te plaatsen en elke spleet door een afgestemde kring te overbruggen. Het Philips klystron YK 1001 voor 11 kW, dat in de 10-kW-zender wordt toegepast, en het klystron YK 1061 voor 22 kW van de 20-kW-zender hebben vier spleten en vier kringen, die als trilholten zijn uitgevoerd. Ze worden ook wel vierkamerklystrons genoemd. Bij de frequenties waarvoor deze klystrons moeten dienen liggen de spleten op zodanige afstanden van elkaar dat beide buizen een lengte van ongeveer 1,65 m hebben.

Bij de beantwoording van de vraag of voor het beschouwde frequentiegebied klystrons, dan wel normale triodes of tetrodes de voorkeur verdienen, moet men een aantal overwegingen van constructieve, bedrijfstechnische en economische aard doen gelden. Uit constructief oogpunt heeft de zeer grote vermogensversterking van het klystron het voordeel dat de daaraan voorafgaande vermogensversterkers aanzienlijk kleiner in aantal kunnen zijn. Hierdoor behoeven, ondanks de grote afmetingen der klystrons, de totale afmetingen van een klystronzender niet groter te zijn dan bij een zender die met triodes of tetrodes is uitgerust.

Bedrijfstechnisch is het van groot belang dat men, zoals later nog zal blijken, bij klystrons het einde van de levensduur kan zien naderen. Hierdoor is men in staat een klystron waarvan de levensduur ten einde loopt, tijdig te vervangen en zo te vermijden dat het tijdens een uitzending defect raakt en een programma-onderbreking veroorzaakt. Het feit dat de verwisseling van een klystron aanmerkelijk meer tijd kost dan die van de zo veel kleinere triodes en tetrodes, speelt daardoor een rol van weinig betekenis. Bij deze laatste soort buizen kan men het einde van de levensduur vaak niet met zekerheid zien aankomen, zodat het defect raken tijdens een uitzending niet tot de onmogelijkheden behoort. Bij het tegenwoordig aanwezige streven, de televisiezendstations niet langer van een permanente bewaking te voorzien is voorts de tijd, vereist voor het op en neer reizen naar het zendstation, van veel meer gewicht dan de tijd die voor de verwisseling der buizen nodig is. Men doet dus dit verwisselen liefst tijdens een bezoek dat in het normale onderhoudsschema past.

Uit economisch oogpunt is de levensduur van klystrons, die aanmerkelijk langer is dan die van tetrodes, een voordeel dat opweegt tegen dat van de lagere aanschaffingsprijs van de laatste. Wat het energieverbruik van een klystronzender betreft, heeft men door geschikte maatregelen, waarop wij nog nader terugkomen, het rendement van het als *A*-versterker werkende klystron aanmerkelijk kunnen verbeteren. Hierdoor, en door de omstandigheid dat het totale aantal versterkertrappen bij een klystronzender kleiner kan zijn, heeft men kunnen bereiken dat het totale nuttige effect van een klystronzender niet onderdoet voor dat van een zender met tetrodes, die, doordat ze als *B*- of *C*-versterker zijn geschakeld, op zichzelf een hoger rendement hebben.

Zoals wij reeds deden opmerken, moet een groot deel van de onderste zijband van frequenties die bij amplitudemodulatie van de beeldzenderdraaggolf ontstaat, onderdrukt worden. Het is een voordeel van het vierkamerklystron dat men de versterking van de buis een sterk selectief karakter kan geven — wij komen hierop nog nader terug —, waardoor het eerder genoemde filter, dat vóór de gemoduleerde trap wordt geplaatst, nog verder vereenvoudigd kan worden.

Wegen dus constructief en economisch gezien de voordelen van klystrons enerzijds en triodes of tetrodes anderzijds ongeveer tegen elkaar op, uit een oogpunt van bedrijfszekerheid lijkt de klystronzender in het voordeel. Deze overweging heeft bij de bouw van de Philips 10- en 20-kW-zenders de doorslag gegeven.

Het klystron YK 1001

Daar de constructieve principes die bij de bouw van het 11-kW-klystron YK 1001 en het 22-kW-klystron YK 1061 zijn toegepast veel overeenkomst vertonen en ze, wat hun afmetingen betreft, vrijwel gelijk zijn, willen wij hier volstaan met het geven van een aantal bijzonderheden van het 10-kW-klystron YK 1001.

Fig. 3 toont deze buis zonder het toebehoren, dat in *fig. 4*, een foto van de opstelling van dit klystron in de eindtrap van de 10-kW-zender, zichtbaar is. De beschrijving kan het beste geschieden aan de hand van *fig. 5*, die een schema van de doorsnede van het klystron combineert met de schakeling waarin de verschillende onderdelen van de buis zijn opgenomen.

De elektronenstroom, die de gehele buis in de lengterichting doorloopt, wordt geleverd door een indirect verhitte L-katode [3]. De levensduur van dit zeer robuust geconstrueerde type katode wordt hier nog gunstig beïnvloed door de omstandigheid dat de katode zich buiten de ruimten waarin wisselvelden van hoge frequentie aanwezig zijn, bevindt. Als gevolg hiervan kon de katode ruim worden gedimensioneerd.

De katode heeft een holle sferische vorm, waardoor de uittredende elektronen reeds enigermate worden gebundeld; de focusseringselektrode die de elektronen vervolgens passeren, en die een negatieve spanning van

[3] H. J. Lemmens, M. J. Jansen en R. Loosjes, Een nieuwe thermisch emitterende katode voor zware belastingen, Philips techn. T. **11**, 349-358, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 3. Foto van het vierkamerklystron YK 1001, zonder focusseringsmagneten en zonder trilholten. Op de kop van de buis is de getter-ionenpomp zichtbaar.

←

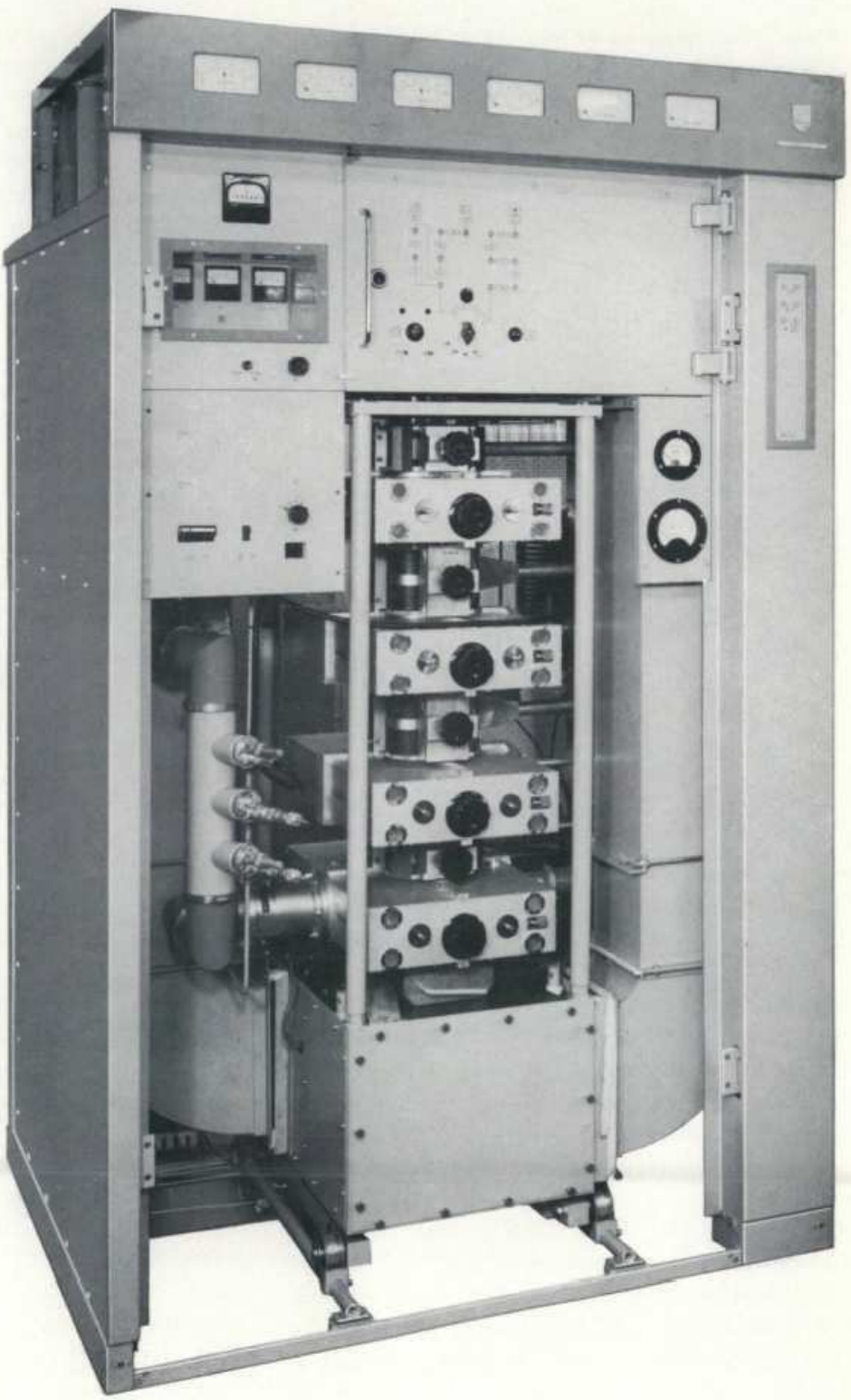


Fig. 4. Opstelling van een klystron YK 1001 in de eindtrap van de 10-kW-beeldzender.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ongeveer 300 V ten opzichte van de katode heeft, zorgt er dan voor dat de elektronen scherp gebundeld zijn, voor ze de eigenlijke buis binnentreden. Voor dit gebeurt, passeren de elektronen nog een versnellingsanode die, evenals de wanden van de buis, op aardpotentiaal ligt. Daar de katode op ongeveer —18 kV wordt gehouden, treden de elektronen de loopruimte met volle snelheid binnen.

Als de elektronen uit de loopruimte treden, komen ze terecht op de opvanganode of collector. Zoals uit het schema is te zien, heeft deze een spanning van ongeveer —5 kV ten opzichte van de wand van de loop-

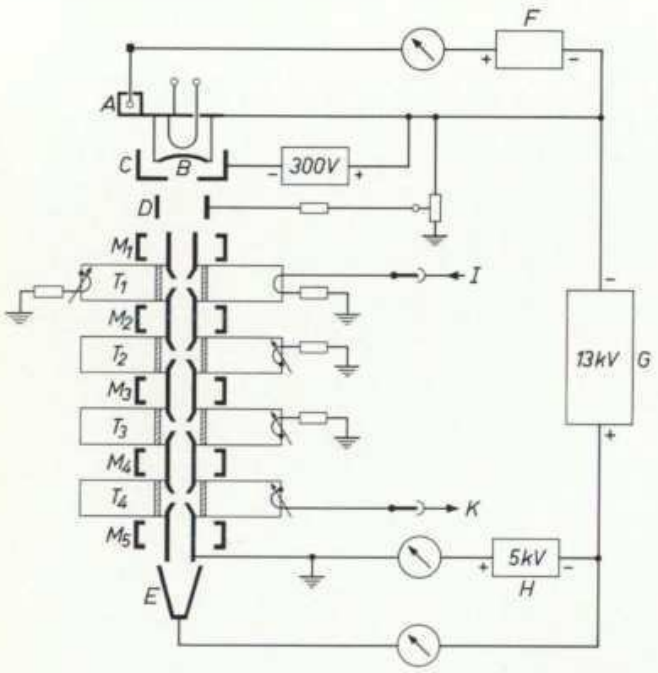


Fig. 5. Combinatie van een doorsnedetekening van het klystron YK 1001 en van het schema waarin dit is opgenomen. *A* ionenpomp; *B* katode; *C* focusseringselektrode; *D* versnellingsanode; M_1 t/m M_5 focusseringsmagneten; T_1 t/m T_4 trilholten; *F* voedingsgelijkrichter voor de ionenpomp; *G* hoogspanningsgelijkrichter 13 kV; *H* hoogspanningsgelijkrichter 5 kV; *I* HF-signaal van voorgaande trap; *K* uitgaand signaal naar antenne.

ruimte. Het gevolg hiervan is dat de elektronen, als ze de laatste sectie van die ruimte verlaten, worden geremd en de collector met verminderde snelheid bereiken. Door deze kunstgreep wordt een deel van de energie die tijdens hun versnelling aan de elektronen was meegedeeld, weer teruggewonnen en het rendement verbeterd.

Bij grote modulatiediepte zullen sommige elektronen bij uittreden uit de loopruimte reeds een vrij geringe snelheid hebben. Om te voorkomen dat deze elektronen de weg naar de collector slechts gedeeltelijk afleggen en naar de laatste sectie van de loopruimte terugkeren, is aan de collector een zodanige vorm gegeven dat dit terugkeren zoveel mogelijk wordt bemoeilijkt.

Hoewel de elektronen bij het binnentreden van de loopruimte door de werking van de focusseringselektrode gebundeld zijn, zal de gevormde bundel zich, door de afstotende werking die de elektronen op elkaar uitoefenen, daarna weer gaan spreiden. Bij een zo langgerekte vorm van de loopruimte als bij het klystron aanwezig is, zou dit zonder bijzondere maatregelen ten gevolge hebben dat een deel der elektronen de wand van de ruimte zou treffen, hetgeen tot ontoelaatbare verhitting van de wand van het klystron aanleiding zou geven. Het is dus nodig, over de gehele lengte van de bundel daarop een focusserende werking uit te oefenen. Het meest economische middel hiervoor is een axiaal magnetisch veld. Daar de bundelende werking onafhankelijk is van de richting van het veld, zolang deze maar axiaal is, kan men naar believen werken met een veld dat over de lengte van het klystron een onveranderlijke richting heeft, of wel met een veld dat langs de as van de buis enige malen van richting omkeert.

Bij de eerste klystrons die op de markt verschenen is een veld van constante richting toegepast, dat werd opgewekt door een aantal ringvormige spoelen, waarbinnen het klystron wordt geplaatst. Zoals in fig. 4 is te zien, zijn bij het klystron YK 1001 deze spoelen niet aanwezig. Ze zijn vervangen door een aantal permanente magneten van ferroxdure. Men kan aantonen [4], dat door toepassing van een wisselend magnetisch veld (d.w.z. wisselend naar de plaats, doch niet naar de tijd), dat door een aantal kleine permanente magneten wordt opgewekt, een aanzienlijke besparing aan magnetisch materiaal wordt verkregen in vergelijking met een opstelling waarin een veld van onveranderlijke richting door een enkele grote magneet wordt opgewekt. Ook betekent het gebruik van permanente magneten een gewichtsbesparing in vergelijking met magneetspoelen. Een nog wel zo belangrijk voordeel is echter dat het klystron niet meer volledig door de spoelen is omgeven, doch vrij toegankelijk is geworden.

De bundelende werking die met behulp van een magneetveld van wisselende richting wordt verkregen treedt pas op bij een bepaalde minimumwaarde van de bundelspanning [4]. Daarom wordt de katodespanning direkt op de volle waarde gebracht en vervolgens de bundelstroom met behulp van de versnellingsanode omhooggeregeld. Bij het inschakelen van de gelijkrichter voor de hoge spanning is de regelaar voor de spanning van de versnellingsanode zo ingesteld dat de versnellingsanode op katodepotentiaal ligt. Daarna wordt de versnellingsanode in stappen op aardpotentiaal gebracht.

Ondanks de zeer zorgvuldige ontgassing waaraan zendbuizen altijd worden onderworpen, moet men rekening houden met de mogelijkheid dat tijdens het in werking stellen en in verminderde mate ook nog tijdens de werking, uit verschillende onderdelen gasresten vrijkomen. De aanwezigheid van kleine hoeveel-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heden gas heeft een ongunstige invloed op de levensduur van de katode en op de goede werking van de buis in het algemeen. Daarom worden de klystrons voorzien van een vast aangebouwde getter-ionenpomp. Deze pomp, die in fig. 3 is te zien als een klein vierkant doosje dat boven op de buis is gemonteerd, werkt bovendien als vacuümmeter volgens het door Penning aangegeven principe [5]. Hierdoor is het mogelijk om, zowel vóór het in werking stellen, als tijdens de werking, het vacuüm te meten. Het eerste is van belang omdat de klystrons een levensduur van vele duizenden uren hebben, zodat de reservebuizen die men bij elke zender in voorraad moet hebben, soms lang in het magazijn blijven liggen voor ze in gebruik worden genomen. Door de aanwezigheid van een zeer klein lek, dat tijdens de fabricage niet kan worden opgespoord, zou gedurende deze tijd het vacuüm merkbaar achteruit kunnen gaan. Een dergelijk klein lek behoeft de buis volstrekt niet voor het gebruik ongeschikt te maken, omdat de ionenpomp een zo kleine hoeveelheid binnenlekkend gas gemakkelijk onschadelijk kan maken. Meet men dus een achteruitgang, dan schakelt men gedurende enige tijd de pomp in, alvorens de buis in werking te stellen.

Het regelmatig meten van het vacuüm tijdens de werking verschaft een controle op de toestand van het klystron die voorkomt dat de buis op een onvoorzien ogenblik, b.v. terwijl de zender in werking is, uitvalt. Te zamen met de controle op de toestand van de katode, door het regelmatig meten van de bundelstroom, geeft dit de bijna volstrekte zekerheid dat een uitzending nimmer door het defect raken van een klystron behoeft te worden onderbroken.

De afstemming van de eindtrap

Op de foto fig. 3 is te zien dat de modulatiespleten van de buis ter instandhouding van het vacuüm door keramische manchetten zijn overbrugd. Daar deze manchetten zich in het hoogfrequente wisselveld bevinden, worden aan het materiaal waarvan ze zijn gemaakt zeer hoge eisen gesteld. Voor dit materiaal is aluminiumoxidekeramiek gekozen.

In fig. 4 zijn deze manchetten niet meer zichtbaar, omdat ze daar zijn ingesloten in de trilholten die een hoogfrequente overbrugging van de modulatiespleten vormen. Ieder van deze trilholten heeft de vorm van een rechthoekige doos die in twee helften om de buis wordt aangebracht. Een helft is in *fig. 6* weergegeven. Zoals op de foto is te zien, is een der wanden van de doos verschuifbaar en kan daardoor worden gebruikt om de trilholte op de gewenste frequentie af te stemmen. Verder laat de foto een instelbare koppellus zien. Bij de eerste trilholte (T_1 in fig. 5) wordt een dergelijke lus gebruikt om het vermogen van hoge frequentie, dat

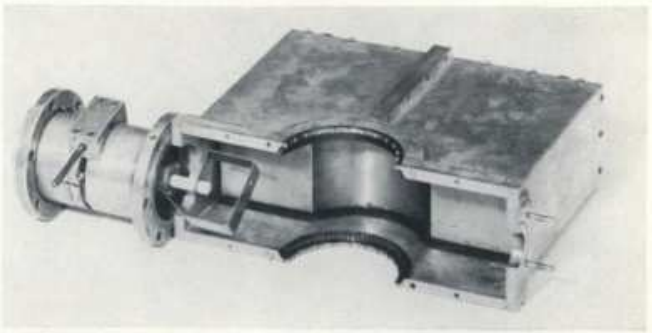


Fig. 6. Een helft van een doosvormige trilholte. Een wand is verschuifbaar voor het afstemmen van de holte. Een instelbare koppellus kan dienen voor het injecteren of extraheren van HF-energie.

voor het aanstoten van de holte nodig is, daarin te injecteren. Bij de holten T_2 en T_3 wordt de lus gebruikt om een uitwendige belastingsweerstand met het veld van hoge frequentie te koppelen. De instelling van de koppellussen en de afstemming van de trilholten leveren te zamen de gewenste vorm van de afstemmingskarakteristiek. Bij de laatste holte, T_4, dient de koppellus om het hoogfrequentievermogen aan het klystron te onttrekken.

In *fig. 7* is te zien dat de resonantiefrequenties der verschillende trilholten niet met de draaggolffrequentie samenvallen. De vlakke vorm van de resonantiekrommen der holten T_1, T_2 en T_3 kan worden beïnvloed door de trilholten met behulp van de koppellussen en de uitwendige weerstanden meer of minder te belasten. De vlakheid van de kromme van holte T_4 wordt natuurlijk bepaald door de antennebelasting. Het resultaat van het achter elkaar schakelen van vier op deze wijze afgestemde kringen is de doorlaatkarakteristiek die onderaan in fig. 7 is weergegeven.

Het gebied van frequenties waarover de trilholten kunnen worden afgestemd loopt van 470-790 MHz. Voor het tot 960 MHz lopende gebied van band V kan met hetzelfde klystron worden volstaan, doch hiervoor is een tweede stel trilholten benodigd.

De voortrappen

Wij zullen ons bij de bespreking van de voortrappen bepalen tot de direct aan het klystron voorafgaande trap — waarin de modulatie plaats vindt — en tot de modulatieversterker. De voorlaatste trap van de zender wordt gedreven door een signaal met draaggolffrequentie. Als versterkbuis wordt hierin de tetrode

[4] J. T. Mendel, C. F. Quate en W. H. Yocom, Electron beam focusing with periodic permanent magnet fields, Proc. IRE **42**, 800-810, 1954.

[5] F. M. Penning en K. Nienhuis, Constructie en toepassingen van een nieuwe uitvoering van de Philips-vacuümmeter, Philips techn. T. **11**, 116-122, 1949, en A. Klopfer en W. Ermrich, Een kleine getter-ionenpomp, Philips techn. T. **22**, 272-277, 1960.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

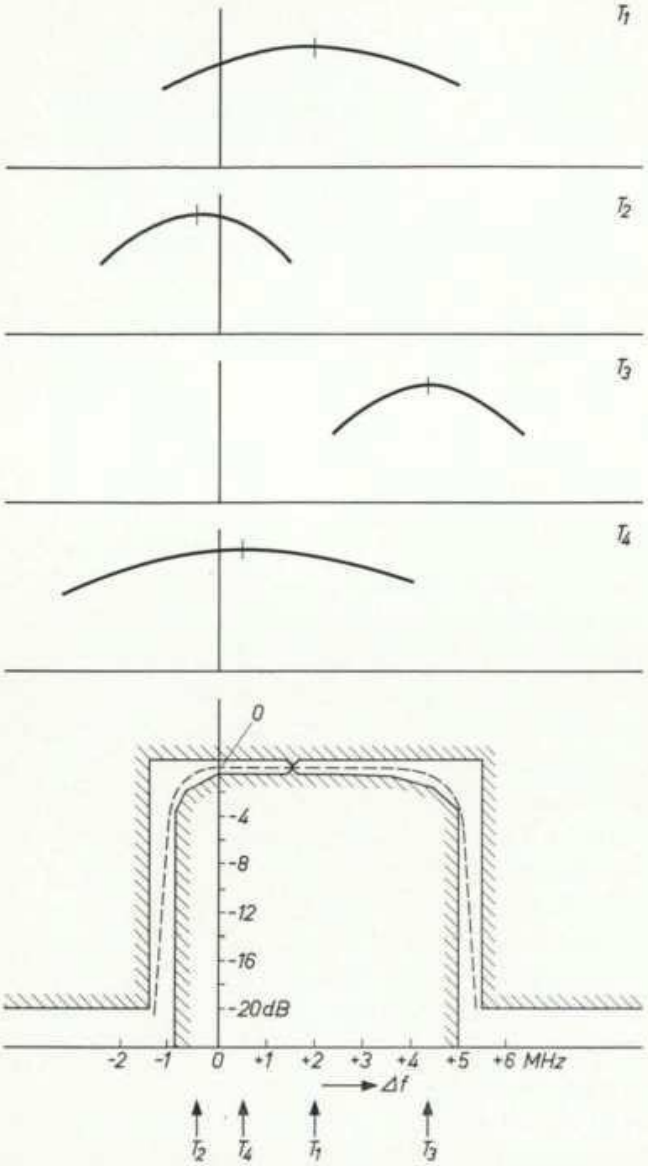


Fig. 7. De trilholten worden zo afgestemd dat de maxima der amplitudekarakteristieken voor de verschillende holten een weinig naast de nominale zenderfrequentie liggen. De totale versterkingskarakteristiek van het klystron wordt daarom zoals onder aan de figuur weergegeven.

YL 1100 gebruikt. Het schema waarin deze buis is opgenomen is weergegeven in *fig. 8*, die ten dele tevens de constructie toont. In het schema is tevens de schakeling van de modulator te zien.

Ter verhoging van de stabiliteit van de versterker is de roosterbasisschakeling gekozen, waarbij zich tussen rooster en katode enerzijds, en tussen rooster en anode anderzijds, afgestemde kringen bevinden. Het rooster is daarbij geleidend met aarde verbonden. Beide genoemde kringen zijn, zoals uit fig. 8 is te zien, geheel uit concentrisch geplaatste geleiders samengesteld.

De geleiders *a* en *b* vormen een coaxiaal stelsel, waarover de gloeidraadspanning aan de buis wordt toegevoerd. De ruimte binnen geleider *b* is dus vrij van hoogfrequente velden. Samen met geleider *c* vormt *b* de rooster-katodekring. Tussen *b* en *c* bevindt zich aan de bovenzijde de rooster-katodecapaciteit. Aan de onderzijde bevindt zich een regelbare capaciteit met behulp waarvan de rooster-katodespanning op een maximum wordt ingesteld.

Over het bovenste deel van geleider *c* is de cilindervormige doos *d* gestulpt: de ruimte tussen beide geleiders vormt de rooster-anodekring. In het onderste deel van de genoemde doos bevindt zich een verschuifbare zuiger, die gebruikt wordt om de rooster-anodekring af te stemmen. Aan de bovenzijde is de afsluiting van doos *d* afneembaar, waardoor de buis voor verwisseling toegankelijk is. Alle aansluitingen van de elektroden van de buis komen tot stand door kransen van verende contacten, zodat de verwisseling een zeer eenvoudige handeling is.

Zowel voor de stuurrooster- als voor de schermrooster- en anodeaansluitingen van de buis geldt dat de kransen van contactveren op ringvormige platen zijn gemonteerd. De plaat voor de stuurroosterkrans is op de bovenzijde van geleider *c* bevestigd. Tussen deze plaat en die voor het schermrooster, die er bovenop ligt, is een micaring gelegd. Door de zo gevormde capaciteit blijft de hoogfrequentiepotentiaal van het schermrooster gelijk aan die van het stuurrooster, terwijl de gelijkspanningspotentiaal daarvan afwijkt. Door eenzelfde constructie is ervoor gezorgd dat de anodegelijkspanning aan de buis kan worden toegevoerd, terwijl doos *d* daarvan vrij blijft.

Zoals wij reeds vermeldden, moet de zender kunnen worden afgestemd binnen het frequentiegebied van 470-790 MHz. De lengte van geleiders *b* en *c* is zo gekozen dat dit systeem voor het beschouwde gebied elektrisch ongeveer een gehele golflengte lang is, d.w.z. dat zich bij juiste afstemming aan de uiteinden van *b* spanningsbuiken bevinden. Op ongeveer een kwart golflengte van de onderzijde bevindt zich dan een spanningsknoop — en dus ook een stroombuik — en hier is aan een zijde de koppellus ingebracht, met behulp waarvan de rooster-katodekring door de voorgaande versterkertrap wordt aangestoten. Aan de bovenzijde wordt met behulp van een capacitieve koppeling het hoogfrequente vermogen aan de anodekring onttrokken.

Op dezelfde hoogte als de zojuist genoemde koppellus is een aftakking met de geleiders a_1, b_1, c_1 aangebracht. Langs geleider b_1 wordt de videomodulatiespanning aan de katode van de versterkbuis toegevoerd. Om te verhinderen dat via b_1 hoogfrequentievermogen in de modulator doordringt, is op ongeveer een kwart golflengte uit het hart van *b*-*c* de aftakking b_2-c_2 aangebracht. Aan het eind van deze aftakking bevindt zich een regelbare capaciteit die zodanig wordt ingesteld dat de kring b_2-c_2 in serieresonantie komt. De

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

aftakking vormt dan op het punt van aansluiting vrijwel een kortsluiting en verhindert daardoor het doordringen van hoogfrequentievermogen in de modulator.

De modulatorversterker

Door de zeer grote vermogensversterking van het klystron is slechts 15 W drijvend hoogfrequentievermogen nodig om het volle uitgangsvermogen van 10 kW te verkrijgen. Het klystron is als lineaire versterker geschakeld en de modulatie vindt in de daaraan voorafgaande trap plaats.

Omdat de hoogfrequentieversterker van fig. 8 in roosterbasisschakeling met geaard rooster werkt, wordt deze versterker niet in het rooster, zoals veelal gebruikelijk, doch in de katode gemoduleerd. Dit betekent dat de katodestroom van de buis YL 1100 door de modulator moet worden geleverd, doch aangezien die slechts 100 mA bedraagt, biedt dit geen moeilijkheden.

De katode-roosterimpedantie van de buis YL 1100, die de uitgangsbelasting van de modulator vormt, varieert sterk met de grootte van de modulatiespanning. Om dit effect te verminderen, is de roosterkatodekring belast met een uitwendige vaste weerstand, die capacitief met geleider b is gekoppeld. Desalniettemin varieert de uitgangsimpedantie van de modulator nog te sterk om bijzondere voorzieningen onnodig te doen zijn. Deze bijzondere voorzieningen zijn er op gericht, de inwendige weerstand van de modulator zo laag mogelijk te maken, daar alleen dan bij veranderlijke belasting een voldoend lineaire amplitudekarakteristiek kan worden verkregen.

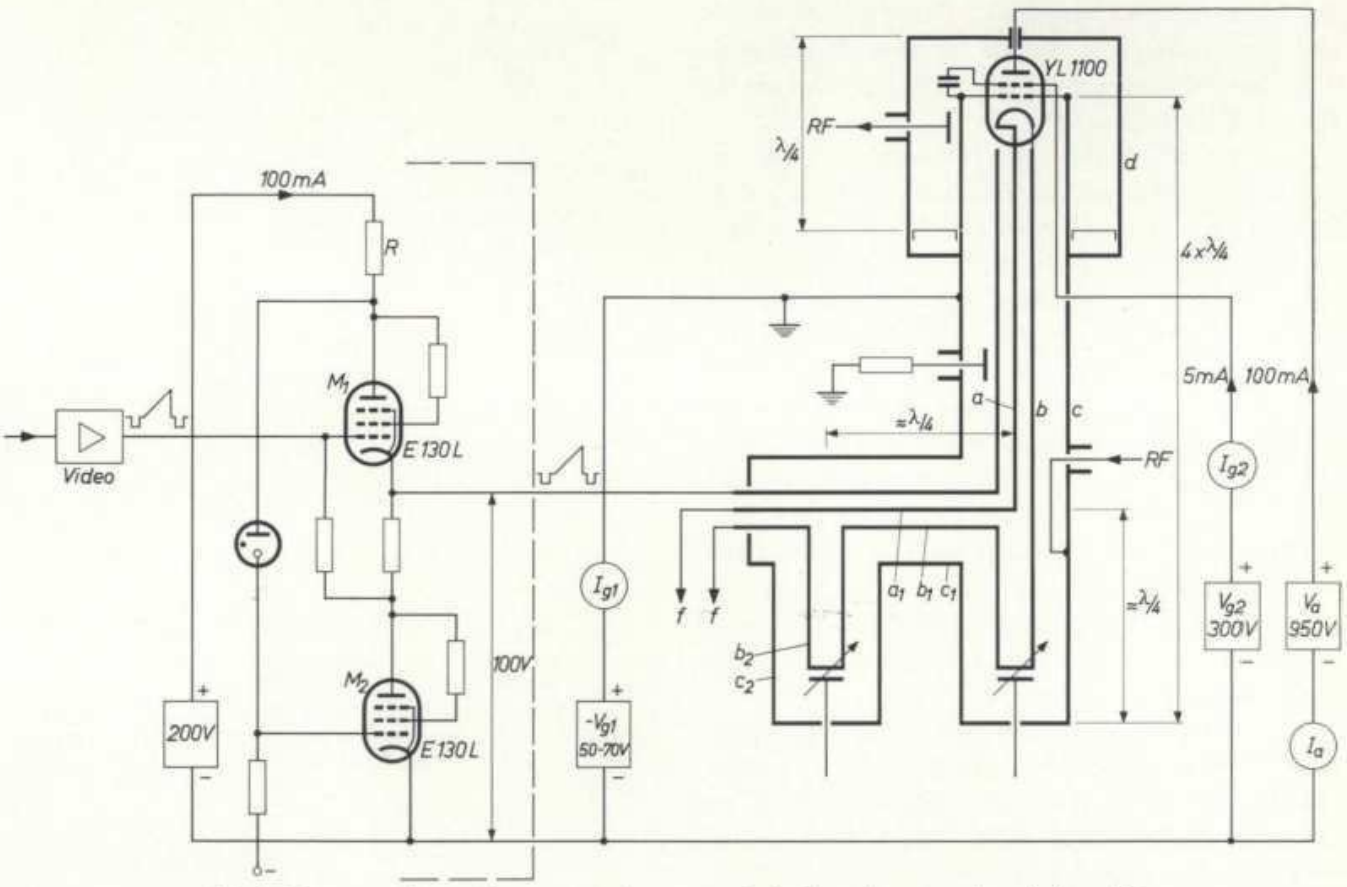


Fig. 8. Schema van de voorlaatste versterkertrap van de beeldzender en van de modulator. M_1 modulatorbuis; M_2 katodeïmpedantiebuis voor M_1; a-b coaxiaal paar waarover de gloeispanning aan de buis YL 1100 wordt toegevoerd; b-c coaxiale trilholte tussen rooster en katode van de YL 1100; a_1-b_1 coaxiaal paar waarover de modulatiespanning aan de katode van de YL 1100 wordt toegevoerd; b_1-c_1 kwartgolflengteverbinding met de coaxiale trilholte b_2-c_2, die een kortsluiting vormt voor de zendfrequentie en belet dat hoogfrequentiespanning in de modulator doordringt.

Zoals uit fig. 8 is te zien, is de modulatorbuis M_1, waarvoor een pentode E 130 L is gekozen, als katodevolger geschakeld. Als katodeweerstand doet dienst de anodeïmpedantie van de buis M_2 — eveneens een E 130 L — waarvan het rooster gekoppeld is met de anode van M_1. Door een goede dimensionering van deze terugkoppeling is de inwendige weerstand van de modulator tot een zeer lage waarde teruggebracht: deze bleek bij meting minder dan 4 ohm te zijn.

Zijbandonderdrukking

Het videosignaal heeft een bandbreedte van ongeveer 5 MHz. De amplitudemodulatie van de beeld-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zender doet twee zijbanden ontstaan, een aan elke zijde van de draaggolffrequentie, waardoor een totale bandbreedte van 10 MHz in beslag wordt genomen. Bij internationale afspraak is men overeengekomen om, ter besparing van frequentieruimte, een groot deel van de onderste zijband af te snijden. Voor de banden I en III, waar per kanaal 7 MHz aan frequentieruimte beschikbaar is, pleegt men deze zijband volgens de in *fig. 9* schematisch weergegeven kromme af te snijden. De kromme is tot 0,75 MHz beneden de draaggolffrequentie vlak en bereikt de nullijn op een punt dat 1,25 MHz daaronder ligt.

Voor de HF-amplitudekarakteristiek van televisieontvangers heeft men een kromme volgens *fig. 10* genormaliseerd. Detecteert men een HF-signaal, waarvan de benedenzijband van frequenties volgens fig. 9 is afgesneden, in zo'n ontvanger, dan is de amplitudekarakteristiek van het verkregen videosignaal vlak, met uitzondering van een afwijking van 0,5 dB bij een video frequentie van 0,75 MHz. Deze vervorming, die bij 0,75 MHz op een normaal beeld zichtbaar is, heeft men in de banden I en III als onvermijdelijk geaccepteerd. Ze kan echter worden vermeden als men, als in *fig. 11*, de zenderkarakteristiek eerst bij 1 MHz onder de draaggolffrequentie naar beneden doet ombuigen. Door de extra-frequentieruimte die in de banden IV en V beschikbaar is, behoort deze oplossing daar tot de mogelijkheden.

Door het gedeeltelijk afsnijden van de onderste zijband worden in het videosignaal fazefouten geïntroduceerd, die des te groter zijn naarmate de flank van de zenderkarakteristiek steiler verloopt. Bovendien treden in de ontvanger ook fazefouten op. Uit economische overwegingen vindt correctie daarvan in de zender plaats. Daartoe past men in de zender veelal een fazecorrectie toe die in wezen een predistorsie van het videosignaal is. Bij sprongvormige niveauvariaties van het videosignaal uit deze predistorsie zich als een „doorschieten" van dit signaal, d.w.z. dat voor een ogenblik een grotere niveauvariatie optreedt dan aan het signaal zelf beantwoordt. Dit betekent dat bij een grote sprong van zwart naar wit tijdelijk overmodulatie van de zender optreedt. Doordat bij de banden IV en V een bandbreedte van 8 MHz beschikbaar is, kan men hier de flank van de karakteristiek een geringere helling geven, waardoor de fazedistorsie wordt verminderd en minder fazecorrectie wordt vereist. Bij de hier beschreven zender voor de banden IV en V kan een restzijbandkarakteristiek volgens fig. 11 worden ingesteld.

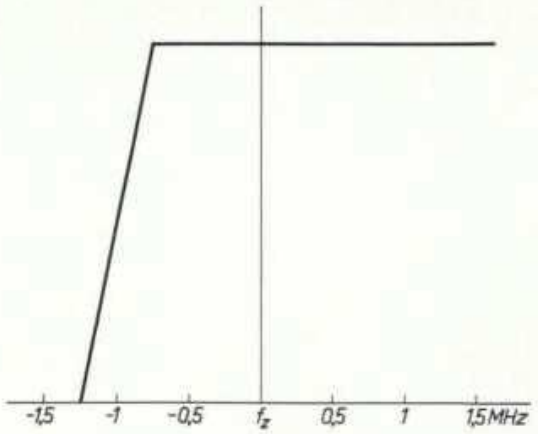


Fig. 9. De linkerflank van de amplitudekarakteristiek van de beeldzender, schematisch weergegeven. De karakteristiek is vlak tot 0,75 MHz beneden de zendfrequentie f_z en bereikt de nullijn op 1,25 MHz beneden de zendfrequentie.

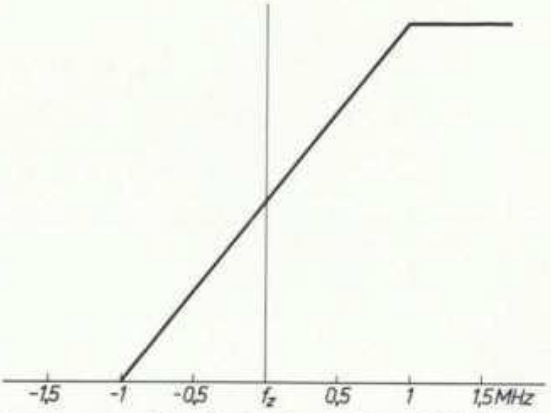


Fig. 10. De amplitudekarakteristiek van de gemiddelde televisieontvanger. De karakteristiek begint 1 MHz boven de zendfrequentie f_z te dalen en bereikt de nullijn 1 MHz beneden de zendfrequentie.

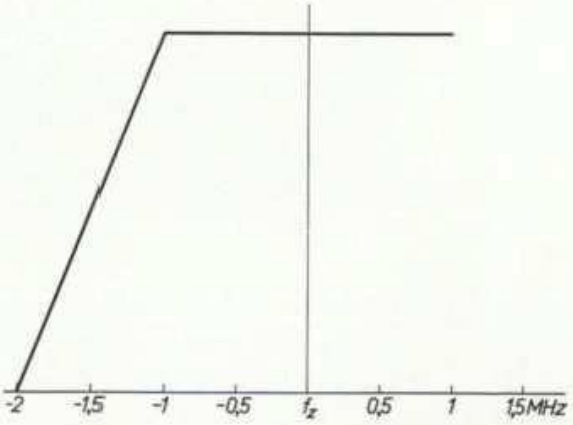


Fig. 11. De Philips beeldzender kan zo worden afgeregeld dat de restzijbandkarakteristiek van de zender de hier afgebeelde vorm krijgt. Deze geeft in combinatie met de ontvangerkarakteristiek van fig. 10 een geheel vlakke totale karakteristiek.

Controle van het uitgezonden beeldsignaal

Voor de afregeling van de zender en voor de regelmatige controle van het uitgezonden beeldsignaal is een controleontvanger nodig die nauwkeurig de amplitudekarakteristiek van fig. 10 bezit. Daar deze karakteristiek door Nyquist is aangegeven, pleegt men deze ontvanger als de Nyquistontvanger aan te duiden. Voor de belangrijke functie die deze ontvanger vervult is het nodig dat zijn karakteristieken onveranderlijk zijn. Doordat het ingangssignaal voor de ontvanger

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

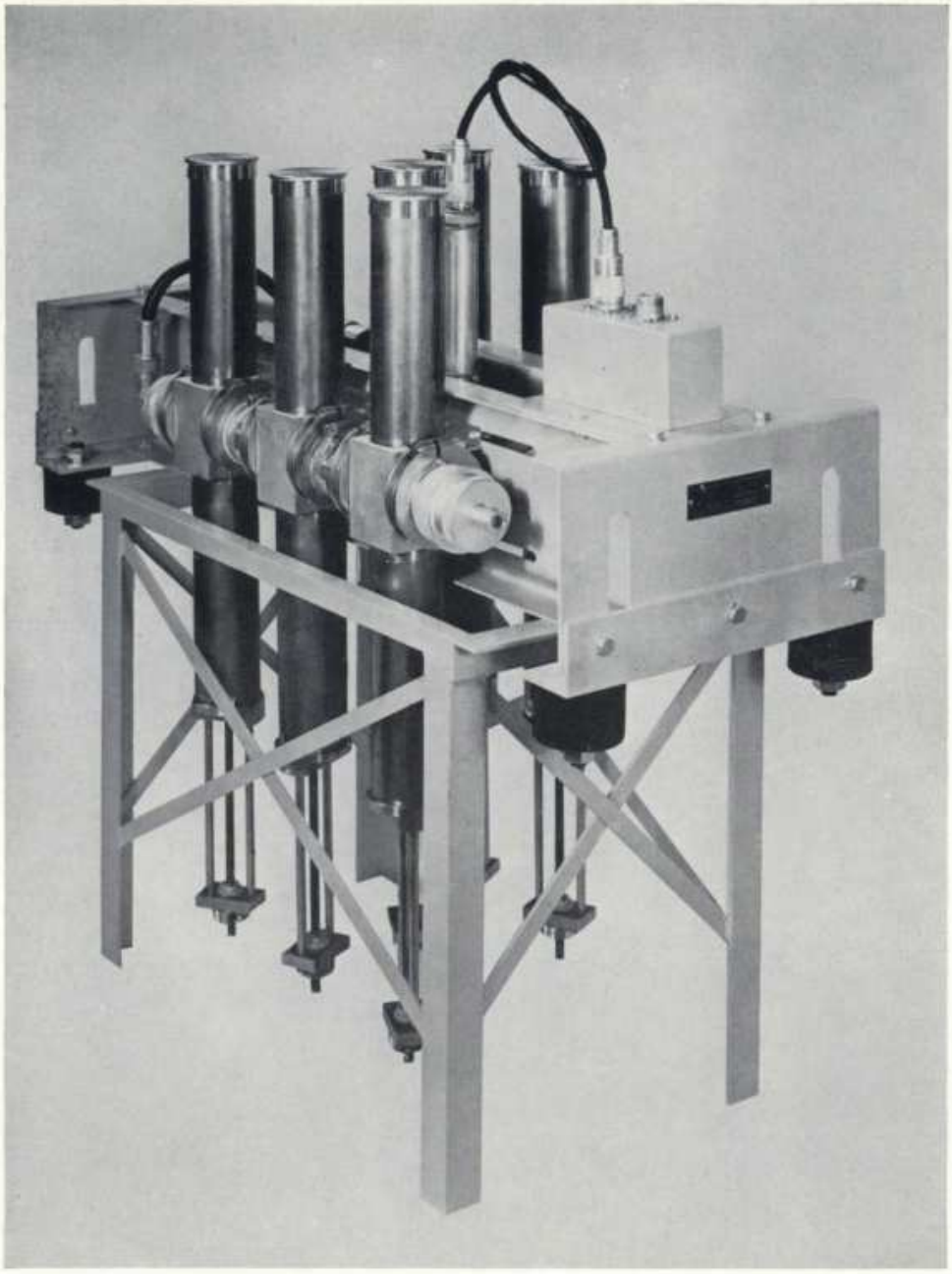


Fig. 12. De samenstellende delen van de Nyquistontvanger zijn op een gestel gemonteerd. Op de voorgrond het Nyquistfilter; daarachter het notchfilter; er tussenin de detector en rechts het fazecorrectiefilter.

direct aan de uitgangsleiding van de zender kan worden ontleend, is er voldoende vermogen beschikbaar om dit signaal zonder enige voorversterking via een tweetal nog nader te beschrijven filters direct aan een kristaldetector toe te voeren. Niet alleen dat hierdoor het aantal elektrische onderdelen klein kan worden gehouden, doch men vermijdt zodoende het gebruik van versterkbuizen die, zoals bekend, door de daarin optredende verouderingsverschijnselen een belangrijke oorzaak zijn van het verlopen der ontvangerkarakteristieken.

Het te controleren signaal doorloopt achtereenvolgens een hoogdoorlatend filter, een bandonderdrukkingsfilter, een detector en een fazecorrectiefilter. De eerstgenoemde twee filters bepalen de amplitudekarakteristiek van de ontvanger en moeten daarom aan hoge eisen van stabiliteit voldoen. Ze zijn samengesteld uit coaxiale elementen die, ten einde de invloed van temperatuurvariaties op de karakteristieken te elimineren, ten dele van invar zijn vervaardigd. Deze twee filters worden nauwkeurig voor de gekozen zenderfrequentie afgeregeld en moeten daarom bij wijziging van de zenderfrequentie worden verwisseld.

Het eerste filter, met behulp waarvan aan de amplitudekarakteristiek de in fig. 10 aangegeven linkerflank moet worden gegeven, is een hoogdoorlatend filter dat algemeen als het Nyquistfilter wordt aangeduid. Het tweede is een bandonderdrukkingsfilter dat het signaal van de geluidszender, dat immers ook op de uitgangsleiding aanwezig is, uit de ontvanger moet weren. Dit type filter wordt in de televisietechniek als een „notch"-filter aangeduid. Beide filters zijn op de in *fig. 12* zichtbare wijze te zamen met de kristaldetector en het fazecorrectiefilter op een gestel gemonteerd.

Zowel in het Nyquistfilter als in het notchfilter wordt het hoogfrequentiesignaal gevoerd over een coaxiale leiding waarop met tussenafstanden van een kwart golflengte coaxiale stubs zijn aangebracht. Deze stubs zijn in fig. 12 duidelijk zichtbaar. Een doorsnede van een stub is in *fig. 13* weergegeven; de lengten l_1 en l_2 en de capaciteit C zijn ten behoeve van de afregeling instelbaar gemaakt.

Bij het bepalen van de constructieve gegevens van de stubs bleek dat de exacte formules tot practisch onuitvoerbare berekeningen leidden. Daarom is gebruik gemaakt van de omstandigheid dat het admittantieverloop van de stubs in het significante gebied van frequenties met zeer goede benadering gelijk is aan dat van een schakeling, bestaande uit een kring met een capaci-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

teit en een zelfinductie in serie, waaraan een zelfinductie of een capaciteit parallel is geschakeld. Hierdoor konden benaderde waarden voor de constructieve afmetingen worden gevonden, die dan met de exacte formules werden geverifieerd.

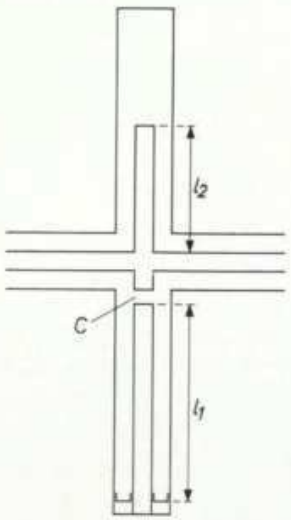


Fig. 13. Schematische doorsnedetekening van een coaxiale stub, zoals in de beide hoogfrequentiefilters van de Nyquistontvanger zijn toegepast.

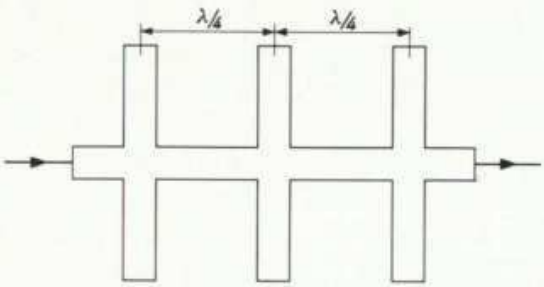


Fig. 14. In het Nyquistfilter zijn drie coaxiale stubs op onderlinge afstanden van een kwart golflengte in een coaxiale leiding geplaatst.

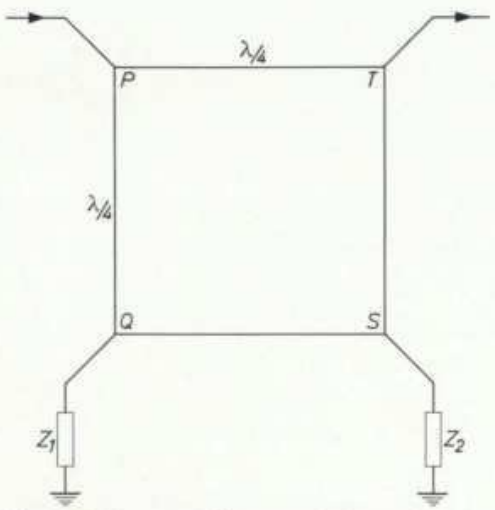


Fig. 15. Schematische voorstelling van de brugschakeling die in het notchfilter is toegepast.

De constructie van het Nyquistfilter is schematisch in *fig. 14* weergegeven. Wat het notchfilter betreft, dat het beeldsignaal moet vrijwaren van storing door het geluidssignaal, dit moet voor de geluidsdraaggolffrequentie een demping van 40 dB geven. Zouden we dit filter op dezelfde wijze construeren als het Nyquistfilter, dan zou de gewenste demping bij de, voor de beschouwde frequenties, bereikbare kringkwaliteit niet zijn te realiseren. Dit is echter wel mogelijk met behulp van een brugschakeling volgens het schema van *fig. 15*. De brug bestaat uit een gesloten systeem van vier coaxiale geleiders, die in beginsel elk een kwart golflengte lang zijn. De in- en uitgangen bevinden zich aan twee aangrenzende hoekpunten van de brug, terwijl op de andere twee hoekpunten impedanties Z_1 en Z_2 zijn aangesloten, die zijn uitgevoerd als coaxiale stubs van hetzelfde type als in het Nyquistfilter zijn toegepast. Door toepassing van deze brugschakeling kon er, hoewel de gebruikte elementen een eindige kringkwaliteit hebben, een effect worden bereikt als bij gebruik van elementen met een oneindig grote waarde van de kwaliteit.

Op de foto van fig. 12 is te zien dat in het notchfilter nog een derde stub is aangebracht. Deze is aangesloten op de leiding *PT* (zie fig. 15) en dient uitsluitend om de afregeling te vergemakkelijken. Ten slotte zijn uit constructieve overwegingen de leidingen *PQ* en *ST* driekwart golflengte lang gemaakt in plaats van één kwart golflengte. De complete schakeling is schematisch in *fig. 16* weergegeven.

Na het notchfilter volgt, zoals gezegd, de detector, die met siliciumdiodes is uitgerust. De schakeling is zo ontworpen dat wordt voldaan aan de zeer hoge eisen die aan de lineariteit van de detectiekarakteristiek worden gesteld.

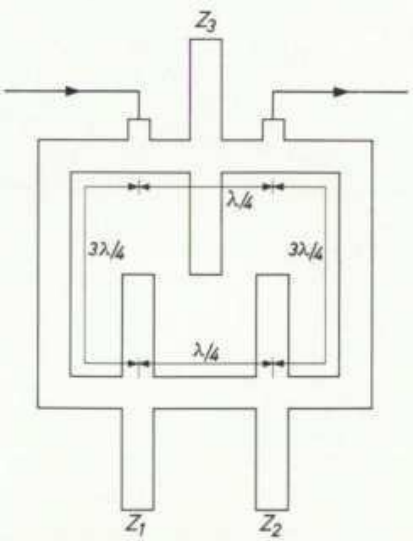


Fig. 16. De samenstelling van het notchfilter uit coaxiale leidingen en coaxiale stubs. De met Z_3 aangeduide stub dient uitsluitend ter vergemakkeling van de afregeling.

Het fazecorrectiefilter van de controleontvanger is samengesteld uit een aantal overbrugde T-secties. De eigenschappen van dit filter kunnen het beste worden weergegeven met behulp van de zg. groeplooptijdkarakteristiek. Deze leent zich in de praktijk nl. het beste

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voor meting. Normaal verkrijgt het filter de in *fig. 17* weergegeven karakteristiek, doch desgewenst kan ook een filter met een daarvan afwijkende karakteristiek worden geleverd.

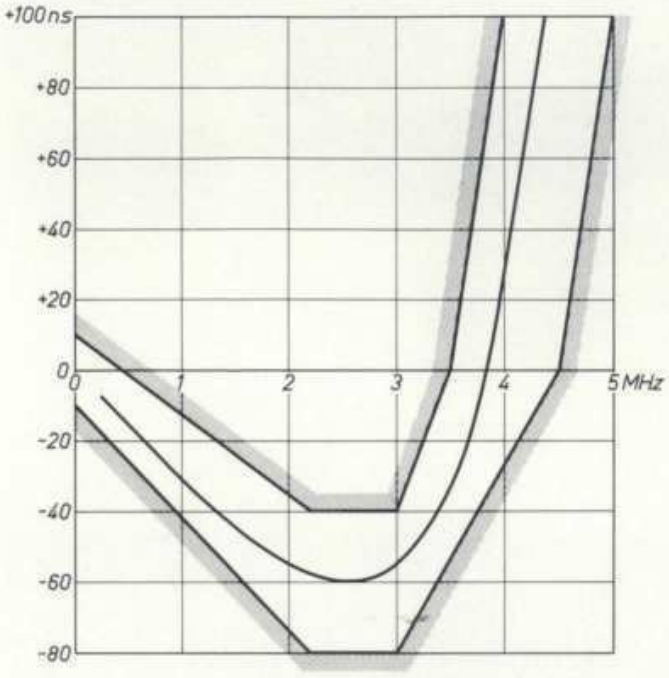


Fig. 17. Groeplooptijdkarakteristiek waarvoor het fazecorrectiefilter in de Nyquistontvanger normaal wordt ingesteld.

Parallelschakeling van zenders

In het belang van de continuïteit der televisieuitzendingen zijn bijzondere maatregelen ter voorkoming van onderbrekingen gewenst. Deze kunnen b.v. bestaan uit duplicering van apparatuur. Uit economische overwegingen, en om zekerheid te hebben dat reserveapparatuur, op het ogenblik dat daarop een beroep moet worden gedaan, niet zal falen, is het wenselijk, deze zoveel mogelijk in werking te houden. Een goede oplossing voor dit probleem kan worden gevonden door, wanneer men een bepaald zendervermogen wenst te installeren, dit onder te brengen in twee gelijke zendereenheden van het halve vermogen die steeds parallel werken. Valt een der eenheden uit, dan gaat de uitzending, zij het met verminderd vermogen, zonder onderbreking door.

Bij de parallelschakeling van twee zendereenheden kan men uitgaan van het gegeven dat hun frequenties door een gemeenschappelijke kristaloscillator worden bepaald, zodat hun uitgangssignalen een onveranderlijke fazeverhouding hebben. Men kan dan nog twee wegen bewandelen. In de eerste plaats kan men de beide uitgangssignalen toevoeren aan een brugschakeling die ze combineert. Uit deze brugschakeling gaat het gecombineerde signaal via de gemeenschappelijke antennevoedingsleiding naar de antenne.

Bij deze opstelling kan de uitzending nog worden onderbroken door een defect in de brugschakeling, de antenneleiding of de antenne. Wil men ook dit vermijden, dan kan men de antenne in twee gelijke delen splitsen en de twee zenders via afzonderlijke leidingen met deze helften verbinden. De brugschakeling vervalt dan en de combinatie der signalen vindt in de ether plaats.

Hoewel een dergelijke opstelling de kans op onderbrekingen van de uitzending tot een minimum terugbrengt, is bij een door N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie volgens dit beginsel uitgevoerde installatie gebleken, dat men bij constructie en afregeling van de beide helften van de antenne bepaalde voorzorgen moet nemen om ongewenste neveneffecten te vermijden.

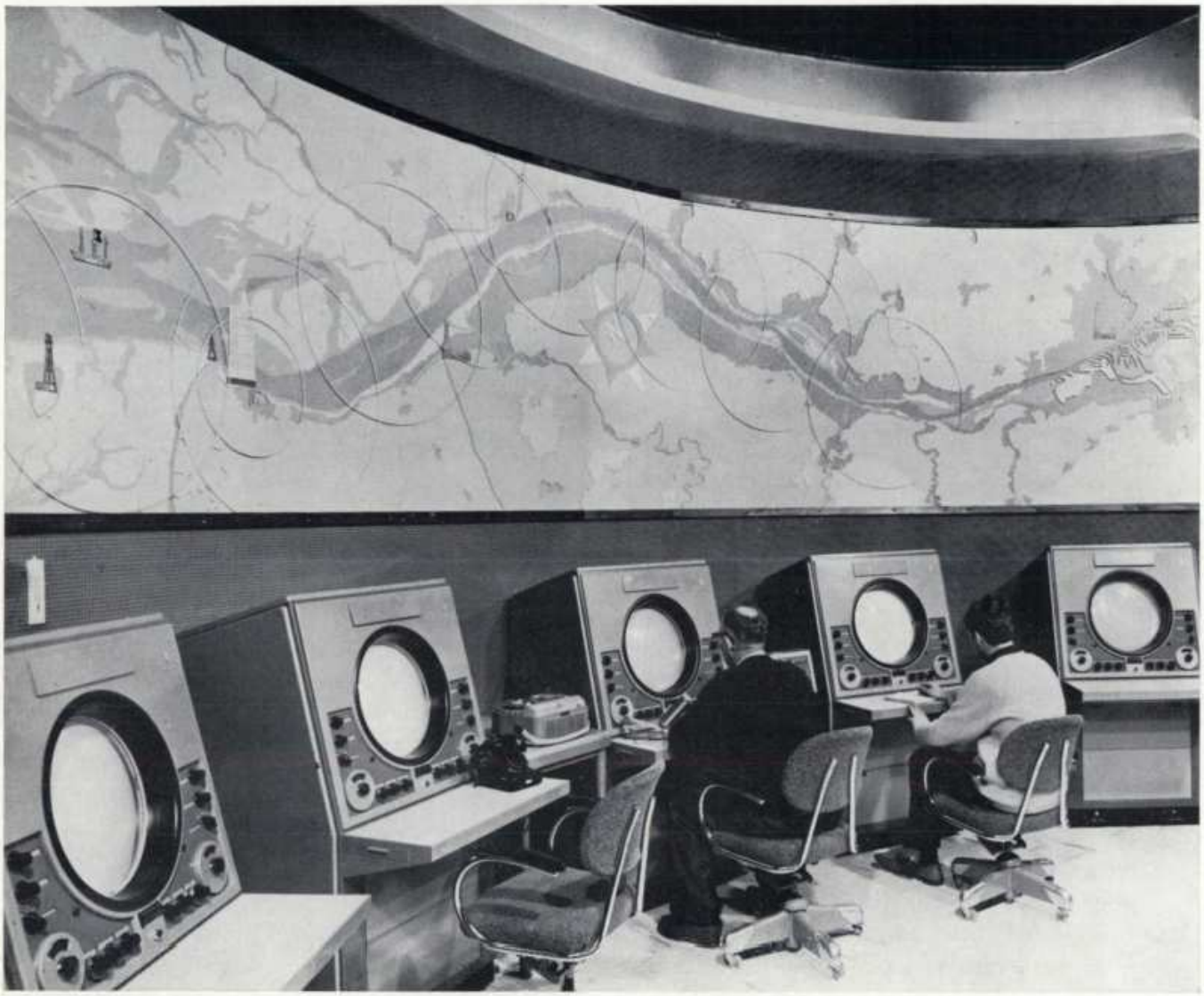
Het optreden van deze neveneffecten laat zich verklaren uit de omstandigheid dat het stralingsdiagram, behalve een hoofdlob, waarvan de as meestal een geringe benedenwaartse helling ten opzichte van het horizontale vlak heeft, ook een aantal zijlobben vertoont. De minima tussen de verschillende lobben ontstaan doordat de signalen van de twee antennehelften elkaar in de richting van deze minima door interferentie vrijwel uitdoven. Het is duidelijk dat bij een zeer scherp minimum, waarbij de uitdoving dus vrijwel volledig is, de restcomponent van het signaal zeer sterk zal afhangen van de fazeverhouding tussen de twee signalen die door de twee antennehelften worden uitgestraald. Daar deze fazeverhouding bovendien afhankelijk is van de momentele, door de modulatie bepaalde, frequentie, kan hierdoor de beeldkwaliteit in de gebieden die in de richting van de minima van het stralingsdiagram liggen, zeer ongunstig worden beïnvloed en kunnen zelfs negatieve beelden optreden. Uit de voorgaande beschouwing blijkt tevens dat dit euvel is te verhelpen door de antenne zo te construeren en af te regelen dat geen bijzonder geprononceerde minima optreden.

Samenvatting. Het artikel beschrijft een aantal problemen die zich voordoen bij de constructie van televisiezenders voor ultrahoge frequenties (470-960 MHz). Rekening houdend met de voortplantingsvoorwaarden bij deze frequenties en met de winst die met behulp van het richteffect van de zendantenne kan worden behaald, zijn zendervermogens van 10 tot 40 kW nodig. Voor deze vermogens en de genoemde frequenties komt men bij triodes en tetrodes aan de grens der mogelijkheden. Door Philips zijn derhalve voor twee zenders voor deze frequenties klystons toegepast. Na een bespreking van het 10-kW-vierkamerklystron YK 1001 volgt een beschrijving van de afstemprocedure van de eindtrap. De vier trilholten kunnen zo worden afgestemd dat het gebruikelijke zijbandonderdrukkingsfilter grotendeels overbodig wordt. De voorlaatste trap van de beeldzender werkt met een tetrode in roosterbasisschakeling en is geheel in coaxiale techniek uitgevoerd. De modulator levert de katodestroom voor deze trap en heeft een zeer lage inwendige weerstand. De ontvanger waarmee de kwaliteit van het uitgezonden beeldsignaal wordt gecontroleerd, moet zeer constante karakteristieken hebben en is daarom van bijzondere constructie. De daarin voorkomende filters zijn uit coaxiale elementen samengesteld en gedeeltelijk van invar gemaakt. Ten slotte wordt gewezen op mogelijkheden van verstoring van de beeldkwaliteit die bij parallelschakeling van zenders kunnen optreden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Radarbewaking van de scheepvaart op de Elbe



Evenals Rotterdam's havengebied is ook dat van Hamburg van zee uit slechts bereikbaar via een vrij nauwe en bochtige waterweg, de Elbe. Ook voor de bewaking van de scheepvaart op de Elbe is de 3-cm-radarapparatuur door Philips geleverd. Behalve dat de radarapparatuur voor dit project in veel hogere mate is getransistoriseerd, is ze in beginsel dezelfde als in Rotterdam. Het bijzondere van het Elbe-project is, dat hier niet, zoals langs de Nieuwe Waterweg, alle radarstations bemand zijn. Het radarstation in Cuxhaven, dat wij hier afbeelden, is ondergebracht in de radartoren, die links op de kaart, die boven de radarschermen hangt, is te zien. De boven- en benedenstrooms van Cuxhaven gelegen radarstations zijn niet bemand, doch zenden alle gegevens die op het radarscherm moeten worden afgebeeld, via een straalverbinding naar Cuxhaven. Dit is de eerste maal dat voor civiele doeleinden radargegevens op deze wijze worden overgebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Uit de begintijd van de telegrafie

G. R. M. Garratt

621.394(091)

Men heeft weleens gezegd dat de geschiedenis van de communicatietechniek de geschiedenis van het mensdom is. Deze uitspraak is misschien wel wat boud, maar het is ongetwijfeld waar dat de ontwikkeling van de communicatie een essentiële rol speelt in de groei van een beschaving. Iedere verbetering in de snelheid of het gemak waarmee gedachten kunnen worden uitgewisseld, heeft een maatschappelijke en economische uitwerking, en we kunnen de betekenis van sociale en politieke ontwikkelingen in de historie slechts ten volle onderkennen als we ons ook rekenschap geven van de stand van de communicatietechniek in de desbetreffende tijd.

In de eerste helft van de 19e eeuw begonnen zich in de communicatietechniek ingrijpende veranderingen te voltrekken. In het kader van dit speciale nummer van Philips Technisch Tijdschrift lijkt het interessant enige aandacht aan dit buitengewoon belangrijke tijdvak te besteden. De genoemde veranderingen waren het gevolg van de komst van de elektrische telegraaf, een uitvinding die stoelde op de grote ontdekkingen die men in die tijd op het gebied van de elektriciteit deed, en we zullen zien hoe de ontwikkelingsstadia van de elektrische telegraaf deze ontdekkingen weerspiegelen: de statische elektriciteit, de galvanische stroom, de elektrolyse en de elektromagnetische verschijnselen.

De optische telegraaf

Van oudsher heeft de mens ernaar gestreefd inlichtingen snel over te kunnen brengen, en door alle tijden heen heeft hij zich daartoe bediend van systemen van wat men zou kunnen noemen optische telegrafie. In het laatste decennium van de 18e eeuw bereikte de optische telegraaf het toppunt van zijn ontwikkeling. Hij werd toen de grondslag van een wijd vertakt communicatiesysteem, dat zich over half Europa uitstrekte. Men kan zich erover verwonderen dat dit hoogtepunt van de optische telegrafie juist bereikt werd in een tijd toen de elektrische telegraaf als het ware reeds voor de deur stond. Het is daarom nuttig eerst een korte blik op deze verbazingwekkende ontwikkeling van de optische telegrafie te werpen.

Goede communicaties zijn van vitaal belang voor alle militaire operaties; dit kan nauwelijks ooit een strijdmacht sterker hebben ondervonden dan het Franse leger in 1793, toen dit werd bedreigd door de interne verscheurdheid van de revolutie en tevens van alle kanten aangevallen door de vijanden. Een nederlaag scheen wel onvermijdelijk. Toen in 1799 een Haags politicus de verbluffende militaire successen die de Fransen inmiddels hadden behaald, trachtte te verklaren, noemde hij verscheidene factoren: „. . . *moed der Verdeedigers* . . . ", waaraan „*vindingrijk vernuft, door nutte Telegraaph, toegepast gebruik des Luchtbols, de overvloedigste Salpeterschepping, en de schranderst doorgedagte Krijgsontwerpen, . . . getrouw de hand bood* . . ." [1]. Niet zonder reden werd in deze opsomming de telegraaf, het middel dat een gecoördineerde actie op verschillende fronten mogelijk had gemaakt, het allereerst genoemd. De telegraaf, hierbij bedoeld, was de optische telegraaf van Claude Chappe.

Claude Chappe — de neef van een bekende astronoom — had reeds op jeugdige leeftijd grote belangstelling voor de natuurwetenschappen getoond; toen hij nog geen twintig jaar oud was, had hij reeds verscheidene artikelen in het Journal de Physique gepubliceerd. In 1790 begon hij zich voor het probleem van de militaire communicatie te interesseren. Te zamen met zijn broers ging hij aan het experimenteren en ontwierp een systeem, dat berustte op — het gebruik van statische elektriciteit! Helaas was de kennis op dit gebied nog ontoereikend (moeilijkheden met de isolatie b.v. kon men in die tijd in het geheel niet baas), en ondanks de energie waarmee Chappe zich op de problemen wierp, moest hij zijn experimenten staken. Chappe wendde zich toen tot de ontwikkeling van een optisch systeem.

Hij installeerde een van zijn eerste toestellen waarmee hij wilde experimenteren op de Etoile. In de opgewonden stemming die toen in Frankrijk heerste, vond de volksmenigte Chappe's handelingen verdacht en tot twee keer toe werden zijn toestellen door het gepeupel vernield. Chappe hield echter vol en in de voor-

G.R.M. Garratt, M.A., M.I.E.E., is conservator van de afdeling Telecommunicatie van het Science Museum, Londen. — Dit artikel is ten dele gebaseerd op vroegere publikaties over hetzelfde onderwerp door de auteur, in het bijzonder op hoofdstuk 22 in deel 4 van „History of Technology", geredigeerd door Ch. Singer e.a., Oxford University Press 1958.

[1] Zie E. A. B. J. ten Brink, De optische telegraaf van Claude Chappe en zijn toepassing in Nederland tijdens de inlijving, Publ. Genootschap Napoleontische Studiën, no. 10, 1957, blz. 337-359.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zomer 1793 had hij zijn systeem volledig uitgewerkt. Toen dit door een commissie van de Convention werd beproefd, voldeed het zo uitstekend dat Chappe de titel van „Ingénieur-Télégraphe" werd toegekend en hem onmiddellijk opdracht werd gegeven een keten van telegraafstations in te richten tussen Parijs en Rijssel, d.i. over een afstand van ca. 220 km.

Alvorens verder in te gaan op de geschiedenis van deze en andere telegraafketens, geven we een korte beschrijving van Chappe's toestel, om te laten zien waaraan het te danken was dat Chappe's systeem zoveel meer succes had dan talrijke vroegere pogingen tot optische telegrafie.

In *fig. 1* is Chappe's toestel weergegeven. Boven aan een verticale paal was een lange houten balk op een horizontale as bevestigd, zodat hij dus in een verticaal vlak kon draaien. Aan beide uiteinden van de balk was een, eveneens in het verticale vlak draaibare, arm gemonteerd. Door de stand van de balk en de twee armen te veranderen, konden nu seinen worden gegeven. De balk en de armen waren als een soort latwerk met talrijke dwarslatjes geconstrueerd. Deze constructie was goedkoop en licht en had het voordeel dat de wind er weinig vat op had, zodat het mogelijk was het toestel zonder veel gevaar op een hoge toren te plaatsen. Reeds bij betrekkelijk geringe afmetingen van het toestel kon dit derhalve gemakkelijk op een afstand tot ca. 20 km met de verrekijker worden gadegeslagen (het gebruik van de verrekijker voor optische telegrafie had Robert Hooke reeds honderd jaar eerder voorgesteld), en zelfs bij ongunstige verlichting kon het silhouet van het toestel zo duidelijk worden gezien dat men er 196 verschillende seinen mee kon geven. Chappe maakte uit deze 196 mogelijkheden een weloverwogen keuze: hij stelde een code op waarin de 98 het best onderscheidbare tekens dienden ter aanduiding van de letters van het alfabet, de cijfers enz., terwijl de overige 98 tekens slechts voor dienstaanwijzingen werden gebruikt („signaux réglementaires"). Er waren ook voorzieningen aangebracht om bij nacht te kunnen seinen, nl. met behulp van verscheidene lantaarns die aan de armen werden vastgemaakt.

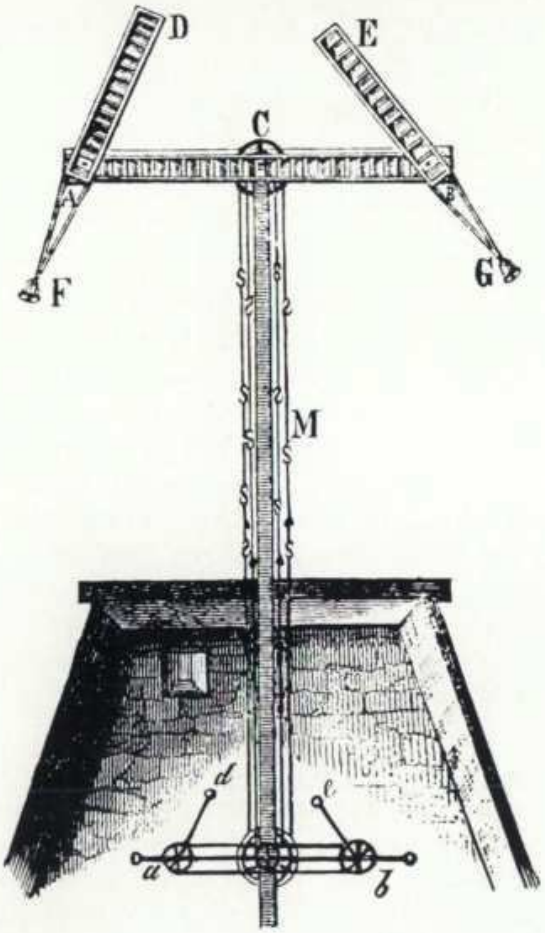


Fig. 1

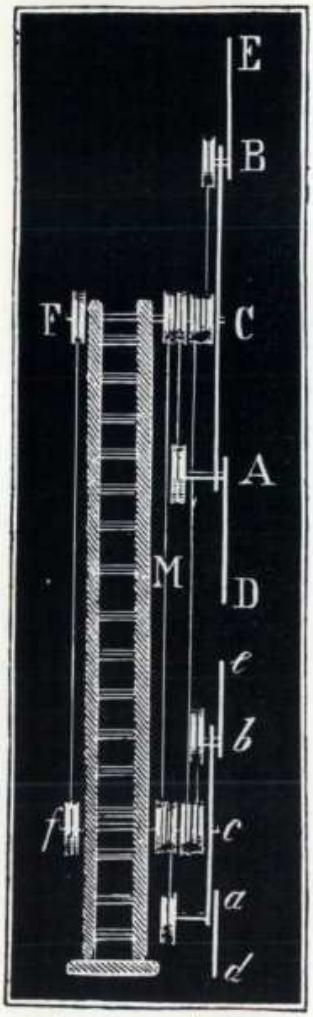


Fig. 2

Fig. 1. Optische telegraaf van Chappe. Aan een paal bovenop een toren is een scharnierende balk (*AB*) met twee draaibare armen (*D*, *E*) aangebracht. De stand van de balk en van de armen wordt vanuit de toren ingesteld met behulp van de „répétiteur" (*a*, *b*, *d*, *e*).

Fig. 2. Het aandrijfsysteem met kettingen en poelies, dat een onafhankelijke instelling van elk van de drie elementen van de Chappe-telegraaf mogelijk maakt. (Fig. 1 en 2 ontleend aan H. Schellen [3].)

Het toestel van Chappe bezat dus een reeks eigenschappen die uit praktisch en economisch oogpunt zeer belangrijk waren. Zijn uiteindelijk succes heeft Chappe's toestel echter niet alleen aan deze eigenschappen, maar misschien in nog hogere mate aan het vernuftige mechaniek te danken waarmee het werd bediend. De balk en de twee armen werden vanuit het inwendige van de toren via touwen of kettingen in de gewenste standen gebracht met behulp van een hefboomstelsel waarvan de configuratie een verkleind evenbeeld vormde van die van de balk en de seinarmen bovenaan de mast. Dank zij dit mechaniek, de zg. „répétiteur" (fig. 1), kon bij het doorseinen van een mededeling via een keten van stations het personeel op een station gemakkelijk de seinen die het bij het vooraf-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

and am now here to join my intreaties with his, that you may be happy for ever."

To relate all that was ſaid upon this occaſion, would be to extend my ſtory to another paper. Wilſon was all ſubmiſſion and acknowledgment; the wife cried and doubted, and the widow vowed an eternal ſeparation. To be as ſhort as poſſible, the harmony of the married couple was fixed from that day. The widow was handſomely provided for, and her child, at the requeſt of Mrs Wilſon, taken home to her own houſe; where at the end of a year ſhe was ſo happy, after all her diſtreſſes, as to preſent him with a ſiſter, with whom he is to divide his father's fortune. His mother retired into the country; and, two years after, was married to a gentleman of great worth; to whom, on his firſt propoſals to her, ſhe related every circumſtance of her ſtory. The boy pays her a viſit every year, and is now with his ſiſter upon one of theſe viſits. Mr Wilſon is perfectly happy in his wife; and has ſent me, in his own hand, this moral to his ſtory:

"That though prudence and generoſity may not always be ſufficient to hold the heart of a huſband, yet a conſtant perſeverance in them will, one time or other, moſt certainly regain it."

To the author of the SCOTS MAGAZINE.

SIR, Renfrew, Feb. 1. 1753.

IT is well known to all who are converſant in electrical experiments, that the electric power may be propagated along a ſmall wire, from one place to another, without being ſenſibly abated by the length of its progreſs. Let then a ſet of wires, equal in number to the letters of the alphabet, be extended horizontally between two given places, parallel to one another, and each of them about an inch diſtant from that next to it. At every twenty yards end, let them be fixed in glaſs, or jeweller's cement, to ſome firm body, both to prevent them from touching the earth or any other non-electric, and from breaking by their own gravity. Let the electric gun-barrel be placed at right angles with the extremities of the wires, and about an inch below them. Alſo let the wires be fixed in a ſolid piece of glaſs, at ſix inches from the end; and let that part of them which reaches from the glaſs to the machine, have ſufficient ſpring and ſtiffneſs to recover its ſituation after having been brought in contact with the barrel. Cloſe by the ſupporting glaſs, let a ball be ſuſpended from every wire: and about a ſixth or an eighth of an inch below the balls, place the letters of the alphabet, marked on bits of paper, or any other ſubſtance that may be light enough to riſe to the electrified ball; and at the ſame time let it be ſo contrived, that each of them may reaſſume its proper place when dropt. All things conſtructed as above, and the minute previouſly fixed, I begin the converſation with my diſtant friend in this manner. Having ſet the electrical machine a-going as in ordinary experiments, ſuppoſe I am to pronounce the word *Sir*; with a piece of glaſs, or any other *electric per ſe*, I ſtrike the wire *S*, ſo as to bring it in contact with the barrel, then *i*, then *r*, all in the ſame way: and my correſpondent, almoſt in the ſame inſtant, obſerves theſe ſeveral characters riſe in order to the electrified balls at his end of the wires. Thus I ſpell away as long as I think fit; and my correſpondent, for the ſake of memory, writes the characters as they riſe, and may join and read them afterwards as often as he inclines. Upon a ſignal given, or from choice, I ſtop the machine; and taking up the pen in my turn, I write down whatever my friend at the other end ſtrikes out.

If any body ſhould think this way tireſome, let him, inſtead of the balls, ſuſpend a range of bells from the roof, equal in number to the letters of the alphabet; gradually decreaſing in ſize from the bell *A* to *Z*: and from the horizontal wires, let there be another ſet reaching to the ſeveral bells; one, *viz.* from the horizontal wire *A* to the bell *A*, another from the horizontal wire *B* to the bell *B*, *&c.* Then let him who begins the diſcourſe bring the wires in contact with the barrel, as before; and the electrical ſpark, breaking on bells of different;

Fig. 4. Reproduktie van twee bladzijden van Scot's Magazine van 17 februari 1753, met de ingezonden brief die ondertekend is met de letters C.M. en die het oudste voorstel bevat de elektriciteit voor communicatiedoeleinden te gebruiken.

ferent ſize, will inform his correſpondent by the ſound, what wires have been touched. And thus, by ſome practice, they may come to underſtand the language of the chimes in whole words, without being put to the trouble of noting down every letter.

The ſame thing may be otherwiſe effected. Let the balls be ſuſpended over the characters as before, but inſtead of bringing the ends of the horizontal wires in contact with the barrel, let a ſecond ſet reach from the electriſied cake, ſo as to be in contact with the horizontal ones; and let it be ſo contrived at the ſame time, that any of them may be removed from its correſponding horizontal by the ſlighteſt touch, and may bring itſelf again into contact when left at liberty. This may be done by the help of a ſmall ſpring and ſlider, or twenty other methods, which the leaſt ingenuity will diſcover. In this way, the characters will always adhere to the balls, excepting when any one of the ſecondaries is removed from contact with its horizontal; and then the letter at the other end of the horizontal will immediately drop from its ball. But I mention this only by way of variety.

Some may perhaps think, that although the electric fire has not been obſerved to diminiſh ſenſibly in its progreſs through any length of wire that has been tried hitherto; yet as that has never exceeded ſome thirty or forty yards, it may be reaſonably ſuppoſed, that in a far greater length it would be remarkably diminiſhed, and probably would be entirely drained off in a few miles by the ſurrounding air. To prevent the objection, and ſave longer argument, lay over the wires from one end to the other with a thin coat of jeweller's cement. This may be done for a trifle of additional expence; and as it is an *electric per ſe*, will effectually ſecure any part of the fire from mixing with the atmoſphere.——*I am, &c.*

C. M.

PLAIN TRUTH. A new ſong.

THE man who ſeeks to win the fair,
So cuſtom ſays, muſt truth forbear;
Muſt fawn and flatter, cringe and lye,
And praiſe the goddeſs to the ſky.
For truth is hateful to her ear,
A rudeneſs which ſhe cannot bear;
A rudeneſs, yes, I ſpeak my thoughts,
For truth upbraids her with her faults.

How wretched, *Chloe*, then am I,
Who love you and yet cannot lye?
And ſtill to make you leſs my friend,
I ſtrive your errors to amend.

PROLOGUE to the GAMESTER; *a new tragedy.*

Written and ſpoken by Mr Garrick.

LIke fam'd *La Mancha's* knight, who, launce in hand,
Mounted his ſteed to free th' inchanted land,
Our *Quixote* bard ſets forth a monſter-taming,
Arm'd at all points, to fight that hydra—*Gaming*.
Aloft on *Pegaſus* he waves his pen,
And hurls defiance at the caitiff's den.
The firſt on fancy'd giants ſpent his rage,
But this has more than windmills to engage.
He combats paſſion, rooted in the ſoul,
Whoſe powers at once delight ye and controul;
Whoſe magic bondage each loſt ſlave enjoys,
Nor wiſhes freedom, though the ſpell deſtroys.
To ſave our land from this *Magician's* charms,
And reſcue maids and matrons from his arms,
Our knight poetic comes—And Oh! ye fair!
This black *inchanter's* wicked arts beware!
His ſubtle poiſon dims the brighteſt eyes,
And at its touch each grace and beauty dies.
Love, gentleneſs, and joy, to rage give way,
And the ſoft dove becomes a bird of prey.
May this our bold advent'rer break the ſpell,
And drive the dæmon to his native hell.
Ye ſlaves of paſſion, and ye dupes of chance,
Wake all your powers from this deſtructive trance!
Shake off the ſhackles of this tyrant vice:
Hear other calls than thoſe of cards and dice.
Be learn'd in nobler arts, than arts of play,
And other debts than thoſe of honour pay.
No longer live inſenſible to ſhame,
Loſt to your country, families, and fame.
Cou'd our romantic muſe this work atchieve,
Wou'd there one honeſt heart in *Britain* grieve?
Th' attempt, tho' wild, would not in vain be made,
If ev'ry honeſt hand wou'd lend its aid.

EPILOGUE.

Written by a friend, and ſpoken by Mrs Pritchard.

ON ev'ry gameſter in th' *Arabian* nation,
'Tis ſaid that *Mahomet* denounc'd damnation;
But in return for wicked cards and dice,
He gave them black-ey'd girls in paradiſe.
Should he thus preach, good countrymen, to you,
His converts would, I fear, be mighty few.
So much your hearts are ſet on ſordid gain,
The brighteſt eyes around you ſhine in vain.
Shou'd the moſt heav'nly beauty bid you take her,
You'd rather hold—*two aces and a maker*.
By your example, our poor ſex drawn in,
Is guilty of the ſame unnat'ral ſin;

The

Fig. 4. Reproduktie van twee bladzijden van Scot's Magazine van 17 februari 1753, met de ingezonden brief die ondertekend is met de letters C.M. en die het oudste voorstel bevat de elektriciteit voor communicatiedoeleinden te gebruiken.

11/14/2023

bruik genomen. In de jaren van 1811 tot 1816 werden echter de kleppentelegrafen van de Admiraliteit geleidelijk vervangen door de efficiëntere toestellen volgens Chappe: de grotere seinsnelheid won het ten lange leste van de nationale trots. De laatste dezer lijnen (die naar Portsmouth) werd eerst in 1847 definitief buiten werking gesteld — dat is één jaar nadat met de elektrische telegraaf van Cooke en Wheatstone een verbinding tussen Londen en Portsmouth tot stand was gebracht.

Gedurende vele jaren hadden de Chappe-telegrafen met hun geheimzinnig en rusteloos bewegende armen het publiek gefascineerd. Op sommige plaatsen was dit zelfs als speciale attractie voor toeristen geadverteerd. Nu het systeem door moderne ontwikkelingen werd achterhaald, inspireerde de aanblik van de werkeloze bouwsels sommige poëten tot sentimentele ontboezemingen zoals de volgende (Gustave Nadaud 1849 [11]):

„Que fais-tu mon vieux télégraphe,
Au sommet de ton vieux clocher,
Sérieux comme une épitaphe,
Immobile comme un rocher?
. . . . . .
Tu fus l'énigme de notre âge:
Nous voulions, enfant curieux,
Deviner ce muet langage
Qui semblait le parler des dieux,
Lorsque tes bras cabalistiques
Lançaient à l'horizon blafard
Les mensonges diplomatiques
Interrompus par le brouillard."

Telegrafie met statische elektriciteit

Een van de interessantste documenten in de hele geschiedenis van de telegrafie is een opmerkelijke brief die in Scots' Magazine van 17 februari 1753 werd gepubliceerd. In deze brief, die we in *fig. 4* reproduceren, beschrijft de inzender — waarvan we alleen de beginletters C.M. kennen — een vrij gedetailleerd plan, hoe men „door middel van de elektriciteit een gesprek met een ver verwijderde vriend zou kunnen voeren". Waarschijnlijk was dit het eerste volledig uitgewerkte voorstel de elektriciteit ten dienste van de communicatie te benutten.

Men moet zich realiseren dat ten tijde van dit voorstel de kennis van de elektriciteit nog maar zeer elementair was. De wrijvingselektriseermachine en de Leidse fles waren pas kort geleden uitgevonden; men kende de verschijnselen van de statische elektriciteit zoals de elektrische vonk en de elektrische schok, maar de galvanische cel, het gedrag van een elektrische stroom en de verschijnselen van het elektromagnetisme zouden pas veel later worden ontdekt.

In zijn brief stelde C. M. voor dat tussen de twee vrienden die met elkaar in verbinding wensten te treden een reeks draden zouden worden gelegd, voor iedere letter van het alfabet één. Aan beide uiteinden van elke draad moest een bal worden opgehangen en onder de ballen moesten stukjes papier worden gelegd waarop de letters van het alfabet waren geschreven. Om nu een bepaalde reeks letters over te brengen, moest de zender de respectievelijke draden achtereenvolgens in contact brengen met de knop van een in werking zijnde elektriseermachine; de ontvanger zou dan de letters kunnen herkennen doordat deze achtereenvolgens door de geëlektriseerde ballen zouden worden aangetrokken.

Voor zover wij weten, is er nooit een poging gedaan het voorstel van C.M. in praktijk te brengen. Aangezien zijn methode van „codering" een afzonderlijke draad voor elke letter vereiste, zou de realisering zeer kostbaar zijn geweest. Maar de grootste moeilijkheid zou wel de isolatie van de draden hebben gegeven. C.M. schijnt deze moeilijkheid ten dele te hebben voorzien, want hij beschrijft in zijn voorstel hoe men zou kunnen voorkomen dat „gedeelten van het elektrische vuur zich met de atmosfeer vermengen".

Vele uitvinders na C.M. strandden op dit probleem. We hebben reeds vermeld dat Claude Chappe, die in 1790 van de statische elektriciteit gebruik wilde maken voor telegrafie, zijn experimenten moest staken wegens de isolatiemoeilijkheden. Toch zijn Chappe's experimenten interessant, daar hij een geheel andere coderingsmethode wilde toepassen. Hij gebruikte twee klokken, één bij de zender en één bij de ontvanger, met secondewijzers waarvan de wijzerplaten de cijfers nul tot negen droegen. De klokken werden zorgvuldig geregeld (wij zouden zeggen: gesynchroniseerd) zodat de secondewijzers precies gelijk liepen, dat wil zeggen steeds op hetzelfde ogenblik dezelfde cijfers aanwezen. Tussen de twee stations waren slechts twee draden gespannen. De beide telegrafisten moesten ieder naar zijn klok turen en de zender kon een bepaald cijfer aangeven door via de draden een Leidse fles precies op het ogenblik te ontladen waarop de klokken het gewenste cijfer aanduidden. Overigens was dit principe van „tijdcodering", dat veel later zo belangrijk zou worden, reeds aan de Grieken bekend, die er eens over gedacht hadden om het voor een optisch telegrafiesysteem toe te passen (Aeneas Tacticus, 4de eeuw voor Chr.).

Een der laatste voorstellen voor een systeem van telegrafie met behulp van statische elektriciteit werd in 1816 gedaan door Sir Francis Ronalds. Zijn coderingsmethode leek op die van Chappe, al was ze volledi ger uitgewerkt (*fig. 5*). Hij voerde vele experimenten uit,

Not for sale!

www.freeservicemanuals.info

gaande station waarnam reproduceren, zonder naar de armen van de eigen mast te kijken en ook zonder zich om de code voor het interpreteren van de seinen te bekommeren. In die tijden, waar men nog niet zo gemakkelijk mensen kon vinden die men het proces van coderen en decoderen kon leren, was dit natuurlijk een geweldig voordeel. Bovendien was de répétiteur zo geconstrueerd (zie *fig. 2*) dat ieder van de beide armen en de hoofdbalk *onafhankelijk* van de andere kon worden ingesteld. Dit maakte het mogelijk een betrekkelijk hoge seinsnelheid te bereiken.

Chappe's eerste keten van telegraafstations, tussen Parijs en Rijssel, bestond uit 15 stations. De keten werd in juli 1794 voltooid en een van de eerste mededelingen die via de keten werden overgebracht was een bericht van Rijssel dat de regering te Parijs ervan in kennis stelde dat de Franse strijdkrachten de stad Quesnoy hadden heroverd.

Gedurende de hele herfst van 1794 werkte de telegraaf van Chappe met veel succes en dit leidde al spoedig tot de oprichting van verdere ketens. Een hiervan verbond Parijs met Strasbourg en een andere Parijs met Brest. Bij zulke grote afstanden, en in het bijzonder als er op de route geen heuvels lagen waarop men de seintorens kon plaatsen, werd het aantal stations in een keten erg groot. Tussen Parijs en Strasbourg b.v. waren het er niet minder dan 50. In 1810, toen Napoleon de Bataafse Republiek had ingesteld, werd de lijn van Parijs naar Rijssel verlengd tot Amsterdam, en in de archieven te Den Haag worden nog een aantal interessante documenten hierover bewaard (*fig. 3*); uit deze documenten blijkt met welke moeilijkheden het werk van Chappe om zijn telegraaflijnen op te richten, gepaard ging.

Een van deze moeilijkheden hebben we reeds genoemd: het aanwerven en opleiden van personeel. Voor het bemannen van de talrijke stations had men grote aantallen betrouwbare personen nodig, en gezien de ernstige consequenties die nalatigheid (of fraude!) van het personeel van één enkel station kon hebben, was het handhaven van een strenge discipline van het uiterste belang. Claude Chappe werd door de beslommeringen van het beheer van zijn lijnen en door de machinaties van rivalen tot wanhoop gebracht en kwam in 1805 door zelfmoord tot een tragisch einde. Zijn werk werd echter voortgezet door zijn broers die hem van het begin af hadden geholpen en die tot belangrijke functies in het bestuur van het telegraafsysteem waren benoemd. Men kan wel zeggen dat het feitelijk de gehele familie Chappe is geweest die dit systeem tot stand had gebracht [2].

De telegraaflijnen van Chappe bleven de Franse regering nog enige tientallen jaren belangrijke diensten bewijzen; ze zijn echter nooit voor particuliere of commerciële doeleinden gebruikt. Er werden steeds meer

Fig. 3. Zegel dat door de „Directeur Télégraphique" Claude Chappe werd gebruikt op brieven die hij in 1810 richtte aan gouverneur Lebrun te 's-Gravenhage. De briefwisseling betrof de verlenging van de lijn van Parijs naar Rijssel tot Amsterdam. (Ontleend aan E. A. B. J. ten Brink en V. V. L. Schell, Geschiedenis van de Rijkstelegraaf 1852-1952, 's-Gravenhage 1954.)

lijnen opgericht, de laatste zelfs nog in 1823 (Parijs-Bayonne), en toen het gehele optische telegraafsysteem in 1852 ten slotte werd opgeheven, omvatte het in totaal 556 stations met een totale lengte der lijnen van meer dan 4000 km.

Al spoedig gingen andere Europese landen ertoe over, naar het Franse voorbeeld optische telegraaflijnen op te richten. De eerste berichten over de prestaties van de lijn van Chappe tussen Parijs en Rijssel bereikten Engeland reeds in de herfst van 1794, maar gezien de traditionele vijandschap die toen tussen Engeland en Frankrijk bestond, was het nauwelijks te verwachten dat de Britse autoriteiten zich ertoe zouden verlagen een geheel identiek systeem in te voeren. De Admiraliteit ontving dan ook een aantal soortgelijke maar iets afwijkende voorstellen; het toestel dat zij ten slotte accepteerde, bestond uit een grote rechthoek met zes beweegbare kleppen. In 1796 werd een keten van vijftien kleppentelegrafen, die in totaal £ 3750 hadden gekost, tussen Londen en Dover geopend. Onmiddellijk hierna volgde een keten naar Portsmouth, en in 1803, toen er nieuwe krijgshandelingen begonnen, werden lijnen naar Plymouth en Yarmouth in ge-

[2] Zie het door Claude Chappe's oudste broer Ignace-Urbain gepubliceerde boek: Histoire de la télégraphie, Parijs 1824.

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

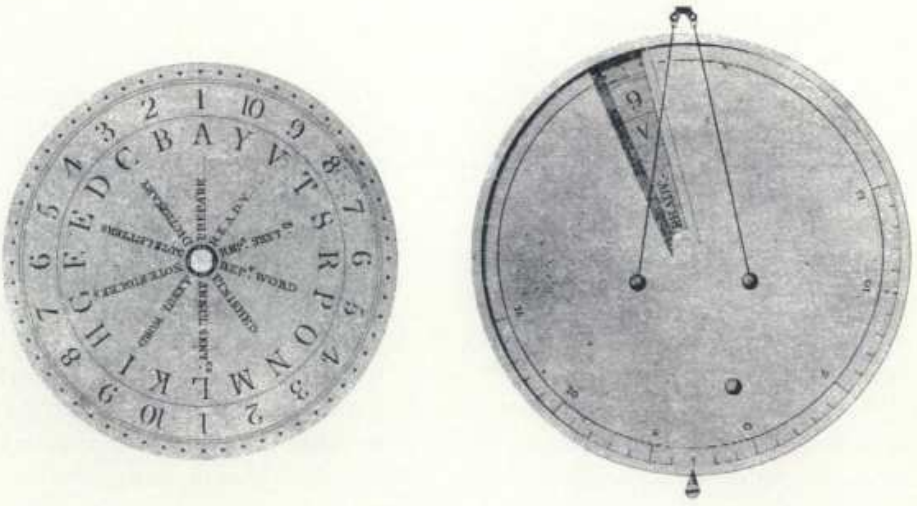


Fig. 5. Indicator van de door Ronalds voorgestelde elektrostatische telegraaf, gebaseerd op een tijdcodering. Zowel bij de zender als bij de ontvanger bevindt zich een schijf met letters, cijfers en commando's; de schijven in de beide stations roteren synchroon achter een venstertje. Op het ogenblik dat het gewenste teken in het venster verschijnt, moet de zender een Leidse fles tot ontlading brengen en dit wordt bij de ontvanger aangegeven door middel van een elektroscoop.

en wij kunnen ons voorstellen hoe ook hij met het probleem van de isolatie te kampen kreeg. In de tuin van zijn huis te Londen bouwde hij twee grote houten stellages, waartussen hij een heen en weergaande draad met een totale lengte van 13 km spande (*fig. 6*), en hij toonde aan dat een ontlading aan een uiteinde van de draad op hetzelfde ogenblik aan het andere einde waar te nemen was. De ervaringen met deze opstelling zullen hem wel hebben doen gevoelen dat de statische elektriciteit een grillig fluïdum was, moeilijk aan banden te leggen en haast letterlijk zo onbetrouwbaar als het weer (waarmee het dan ook wel wat van doen heeft). Dit is wellicht een van de redenen geweest waarom Ronalds ook experimenten deed met een ondergrondse geleider: hij gebruikte hiervoor een koperdraad die in een glazen buis was aangebracht. De buis werd met een laag was en pek bedekt en in een houten trog gelegd. Ronalds installeerde een dergelijke „kabel" ter lengte van ongeveer 150 m in een greppel die hij in de tuin van zijn huis had gegraven (enkele jaren geleden heeft men een stuk van deze kabel gevonden, dit bevindt zich nu in het Science Museum in Londen).

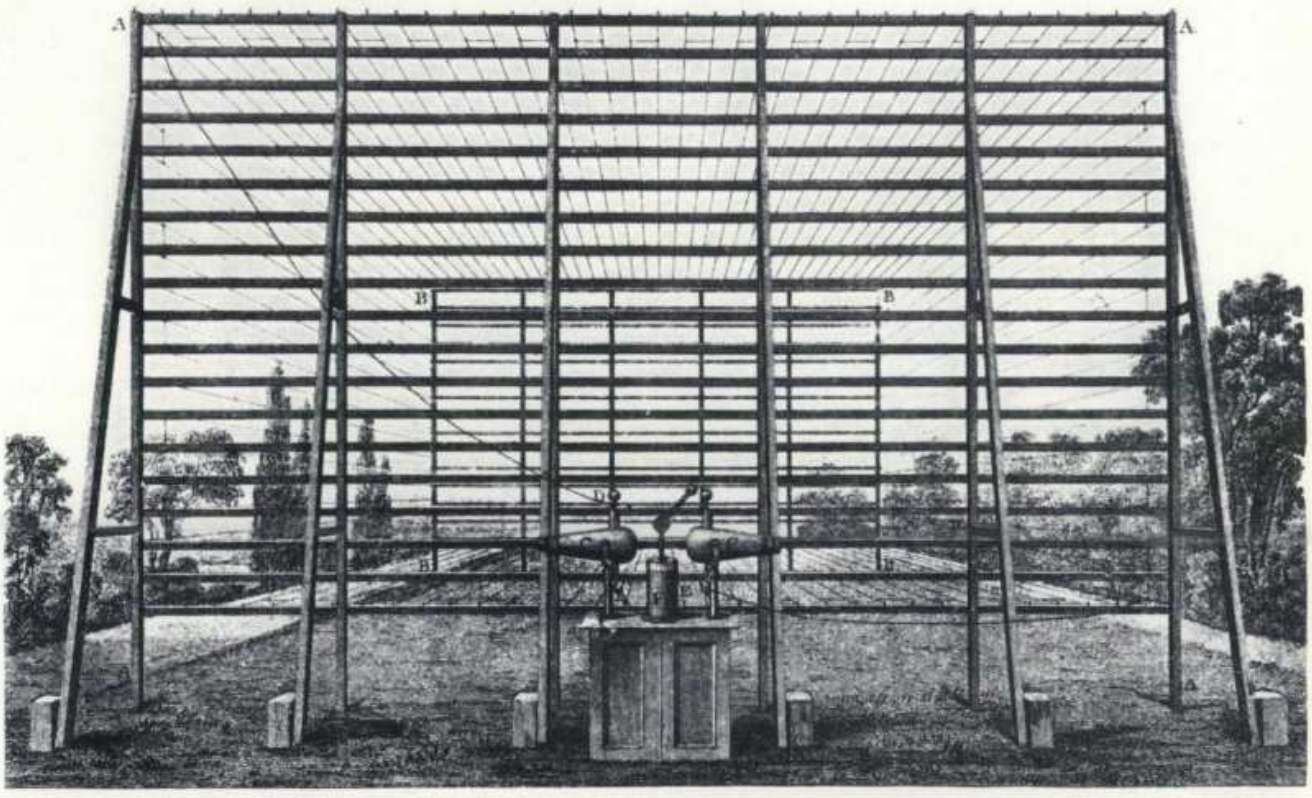


Fig. 6. Opstelling in de tuin van Ronalds' huis te Londen voor zijn proeven met de elektrostatische telegraaf. Tussen de grote stellages had Ronalds een heen- en weergaande draad ter lengte van 13 km gespannen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Ronalds deed hardnekkige pogingen bij het publiek en bij de Admiraliteit belangstelling voor zijn systeem te wekken. Toen men de vraag opwierp wat men moest doen als iemand opzettelijk schade aan de telegraafdraden toebracht, gaf Ronalds ten antwoord: „Als ik hem te pakken kon krijgen, zou ik hem ophangen, zo niet, zou ik hem naar de duivel laten lopen, en in beide gevallen zou ik de schade onmiddellijk repareren". De Admiraliteit wierp deze vraag niet eens op; Ronalds' voorstel — dat gedaan werd in 1816, toen er geen oorlog meer aan de gang was — kreeg ten antwoord „dat telegrafen, van welk soort dan ook, nu geheel overbodig zijn en dat er geen andere dan de reeds in gebruik zijnde gekozen zou worden". De reeds in gebruik zijnde was natuurlijk de optische telegraaf.

De elektrochemische telegraaf

De statische elektriciteit was geen erg geschikt medium voor telegrafie gebleken — reeds de naam ervan lijkt erop te wijzen dat het voor voortplanting en communicatie ongeschikt is. Maar er werden nieuwe ontdekkingen gedaan en nieuwe perspectieven voor uitvinders geopend. Galvani had in 1791 de spiercontractie ontdekt die optreedt wanneer bepaalde metalen in contact met dierlijk weefsel worden gebracht, en dit had Volta in 1800 tot de uitvinding van zijn zuil gebracht, de eerste elektrische batterij. Hiermee begon een nieuw tijdperk: de elektriciteit was nu in een laagspanningsvorm beschikbaar, en zo moeilijk als het manipuleren met de statische elektriciteit was geweest, zo gemakkelijk was nu het hanteren van de elektriciteit in de nieuwe vorm. De isolatie van de verbindingsdraden bood geen noemenswaardige moeilijkheden meer.

De toepassing van de zuil van Volta leidde nog in hetzelfde jaar tot de ontdekking door Nicholson en Carlisle dat water door de doorgang van een elektrische stroom in waterstof en zuurstof kon worden ontleed. (Hetzelfde effect hadden Deiman en Paets van Troostwijk te Amsterdam in 1789 met behulp van een wrijvingselektriseermachine verkregen, maar het volume van de hiermee geproduceerde gassen was uiterst gering geweest, zodat hun waarneming niet veel aandacht had getrokken.) Deze ontdekking leverde een mogelijkheid om de stroom te detecteren — men realisere zich dat in die tijd nog nauwelijks een ander middel hiertoe bekend was.

In 1804 kwamen de uitvinding van de zuil van Volta en het gebruik daarvan voor het ontleden van water ter kennis van Don Francisco Salvá te Barcelona, die al enige jaren tevoren opgetreden was als pleitbezorger voor systemen van elektrische telegrafie met behulp van statische elektriciteit. Salvá besefte dat de zuil van Volta „meer fluïdum opleverde" dan de elektriseermachine en zeer goed voor telegrafie zou kunnen worden gebruikt, daar „de kracht op eenvoudiger en meer constante wijze kon worden verkregen dan in de statische vorm". In het genoemde jaar gaf Salvá in een lezing voor de Academie der Wetenschappen te Barcelona een volledige beschrijving van een elektrochemische telegraaf, waarin belletjes van waterstof en zuurstof ter indicatie werden gebruikt. Helaas werd zijn lezing niet dadelijk gepubliceerd. In 1809 werd hetzelfde systeem opnieuw uitgevonden door Soemmerring, lid van de Academie der Wetenschappen te München, en hem wordt thans de uitvinding gewoonlijk toegeschreven.

De Beierse regering had Soemmerring gevraagd aandacht aan de kwestie van de telegrafie te besteden, omdat de Beieren bij hun snelle verlossing van de Oostenrijkers door Napoleon (april 1809) erg onder de indruk gekomen waren van de rol die de telegraaf van Chappe daarbij had gespeeld. Tien of vijftien jaar eerder zou dit waarschijnlijk ertoe geleid hebben dat men een soortgelijk systeem van optische telegrafie zou hebben ingevoerd — zoals we in Engeland en andere landen hebben zien gebeuren. Maar in 1809 waren de elektrische verschijnselen blijkbaar reeds zo zeer tot de verbeelding gaan spreken dat de optische telegrafie ondanks haar prestaties de mannen van de wetenschap als iets ouderwets moest voorkomen. Binnen enkele dagen had Soemmerring een telegraaf ontworpen en in elkaar gezet. Hij gebruikte een reeks verbindingsdraden, waarvan de uiteinden in elk der twee stations door de bodem van een glazen vat waren gevoerd dat met een sterk verdund zuur was gevuld. Door telkens twee van de draden te verbinden met de polen van een zuil van Volta, kon hij gasbelletjes van de bijbehorende uiteinden doen opstijgen. Soemmerring kon hiermee betrouwbare seinen over een afstand van verscheidene honderden meters zenden. Reeds enkele weken later demonstreerde hij zijn instrument in een wat verbeterde uitvoering voor de Academie van Wetenschappen: hij gebruikte nu een glazen trog met 35 gouden pennetjes waarop de verbindingsdraden waren aangesloten en die beantwoordden aan de 25 letters van het alfabet en de 10 cijfers (*fig. 7*). Later bracht hij het aantal draden tot 27 terug en voorzag hij zijn toestel van een vernuftige inrichting waarmee hij een teken kon geven om de aandacht van de ontvanger te trekken. De werking van deze opstelling demonstreerde hij met een verbinding over een afstand van ca. 3 km.

Hoewel de demonstraties die Soemmerring in 1809-1812 gaf uitstekend slaagden, is zijn telegraaf nooit in de praktijk ingevoerd. Met het grote aantal verbindingsdraden leed hij aan hetzelfde euvel als het voorstel van C.M. in 1753: hij zou buitengewoon kostbaar geworden zijn. Toch waren Soemmerring's experimenten van belang omdat hun publikatie een aantal andere onderzoekers stimuleerde zich aan de ontwikkeling van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

elektrische telegrafen van hetzelfde of van ander soort te wijden. Vrienden van Soemmerring speelden een belangrijke rol bij de uitvinding van de elektromagnetische telegraaf, zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien. Maar nog lang nadat de elektromagnetische telegraaf op het toneel was verschenen, werden elektrochemische telegraafsystemen voorgesteld. In 1828 deed Dyar in de Verenigde Staten experimenten waarin vonken door een strook chemisch geprepareerd papier sloegen en verkleuringen teweeg brachten, die een uit strepen en punten bestaand patroon vormden. Dyar was met zijn experimenten jaren bij de ontwikkeling ten achter, daar hij nog statische elektriciteit gebruikte. Maar zijn code met strepen en punten was een voorloper van het systeem van Vail, dat we in een later hoofdstuk zullen bespreken. Nog in 1846 werd door Bain een met een dergelijke code werkende elektrochemische telegraaf ontwikkeld, die praktisch bruikbaar bleek en een tijdlang in Amerika op vrij grote schaal is toegepast.

Foto Senckenbergische Bibliothek, Frankfurt a. Main

Fig. 7. De elektrochemische telegraaf van Soemmerring (in de oorspronkelijke uitvoering van 1809), in beeld gebracht door Soemmerring's assistent Chr. Koeck. Op de achtergrond is in deze tekening de Frauenkirche en de Theatinerkirche te München te zien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Elektromagnetische telegrafen [3]

Gedurende vele jaren waren er speculaties geweest of er geen verband bestond tussen elektriciteit en magnetisme. In 1820 deed Oersted te Kopenhagen de fundamentele ontdekking dat een magneetnaald door een stroom in een dichtbij gelegen draad werd afgebogen. Reeds in de eerstvolgende weken werden zijn experimenten door onderzoekers in vele landen herhaald, en nog in hetzelfde jaar stelde Ampère een telegraaf voor die op Oersted's ontdekking was gebaseerd. Wat de codering betreft, leek Ampère's voorstel weer op dat van C.M. uit het jaar 1753 en op de experimenten van Soemmerring: Ampère wilde voor elke letter een afzonderlijke naald in beweging brengen en hiervoor een afzonderlijke verbindingsdraad gebruiken.

Zeer spoedig werd het idee in verschillende vormen door anderen opgevat, o.a. door Baron Schilling, een lid van de staf van de Russische Ambassade te München, die met Soemmerring kennis had gemaakt en die getracht had de Russische regering voor Soemmering's elektrochemische telegraaf te interesseren. Soemmerring stelde Schilling op de hoogte van de ontdekking van Oersted en ook van het belangrijke hierop aansluitende werk van Schweigger. De laatstgenoemde had gevonden dat de afbuiging van de magneetnaald die door de stroom in een draad werd teweeggebracht, kon worden vermenigvuldigd door de draad meermalen om de naald heen te voeren, dus tot een spoel op te wikkelen. Schilling zag de mogelijkheid Schweigger's „multiplicator" als aanwijsinstrument van een elektrische telegraaf te gebruiken en deed vanaf 1822 vele experimenten hiermee. Een kort nadien gepubliceerde beschrijving van een van zijn telegrafen vermeldt dat deze vijf afzonderlijke multiplicators (of galvanometers, zoals men deze later noemde) bevatte. Aan de ophangdraden van de naalden waren kleine papierschijfjes bevestigd, die aan een zijde zwart en aan de andere zijde wit waren geschilderd. Voor een telegraaflijn waren zes verbindingsdraden nodig, en elke letter of cijfer werd voorgesteld door een bepaalde combinatie van gelijktijdig zichtbare zwarte en witte schijfjes, die de telegrafist aan de ontvangzijde waarnam. Met dit systeem was Schilling de eerste die het belangrijke principe van de „binaire" codering in toepassing bracht: elke indicator kon één van 2 mogelijke standen innemen (zichtbaar gemaakt door resp. de witte en de zwarte zijde van de schijf), en met 5 gelijktijdig bediende indicatoren kon hij dus $2^5 = 32$ verschillende toestanden (tekens) realiseren. Hierdoor had hij in plaats van 32 verbindingsdraden slechts 5 nodig (+ een draad voor de terugleiding).

Schillings' pogingen om anderen voor het gebruik van zijn telegraaf te interesseren hadden weinig succes en pas in 1837 kreeg hij de vaste opdracht een telegraaflijn te installeren, nl. tussen St. Petersburg en Cronstadt. De opdracht werd niet uitgevoerd, daar Schilling in hetzelfde jaar stierf, maar zijn uitvinding van een meer verfijnd coderingssysteem, zoals we zojuist hebben beschreven en waarmee het vereiste aantal verbindingsdraden zo drastisch werd gereduceerd, was van het grootste belang voor de verdere ontwikkeling van de telegrafie. Men vindt hetzelfde idee later in bijna identieke vorm gerealiseerd in de naaldtelegrafen van Cooke en Wheatstone, die in een volgend hoofdstuk zullen worden beschreven en die rechtstreeks door de apparaten van Schilling waren geïnspireerd.

We zijn in deze schets thans beland op een punt waar de geschiedenis van de telegraaf niet langer als een eenvoudige opeenvolging van uitvindingen kan worden beschouwd, maar waar in verschillende landen min of meer gelijktijdig verschillende ontwikkelingslijnen worden gevolgd. We zullen in het kort de ontwikkelingen in Duitsland, Engeland en Amerika nagaan.

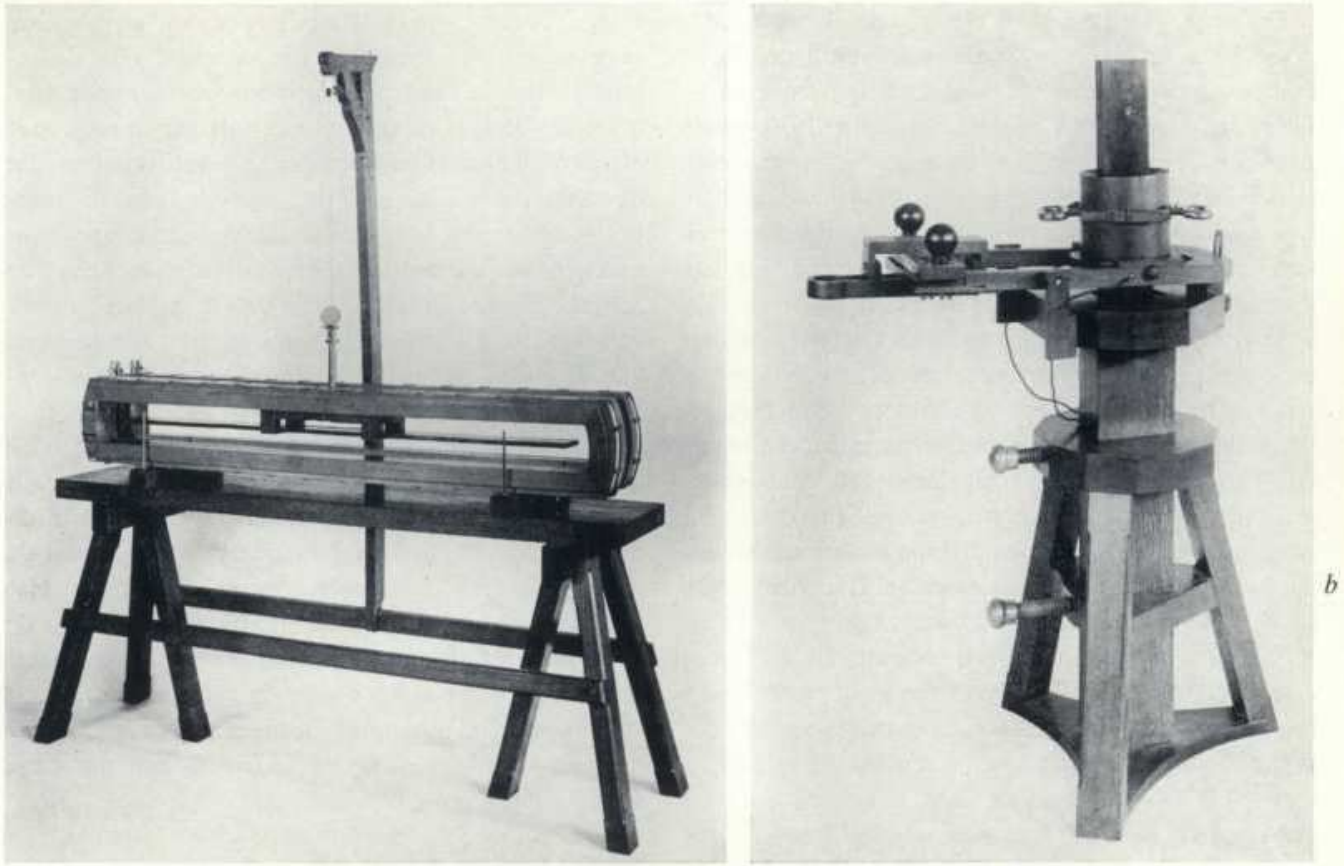
De ontwikkeling in Duitsland

In Duitsland werd belangrijk werk op het gebied van de telegrafie gedaan door Gauss, de beroemde wis- en natuurkundige, en door zijn collega Weber. In 1832/33 was Gauss aan de universiteit te Göttingen bezig met de studie van het aardmagnetische veld. Het idee van een elektrische telegraaf was hem wel bekend, daar hij reeds meer dan 20 jaar met Soemmerring bevriend was. Hij was ook een dergenen die in 1810 in München verbleven om de telegraaf van Soemmerring in werking te zien. In het begin van het jaar 1833 wilden Gauss en Weber de juistheid van het werk van Ohm over stroomketens toetsen. Zij verbouwden hiertoe een van hun instrumenten tot een naaldgalvanometer — de naald hiervan was een staafmagneet die ongeveer een pond woog — en ze spanden een dubbele koperdraad tussen het astronomische observatorium, waar het werk over het aardmagnetisme werd gedaan, en het universiteitslaboratorium, dat op een afstand van ongeveer 2,5 km lag. Al spoedig kwamen zij op het idee dat zij hun draden ook voor andere doeleinden dan voor het controleren van Ohm's onderzoekingen konden gebruiken. Als eerste onverwachte toepassing gebruikten zij de draden om de klokken in de twee gebouwen te synchroniseren. Maar tegen Pasen 1833 waren de draden al regelmatig in gebruik voor een communicatiesysteem waarmee woorden en zinnen werden overgebracht.

In Gauss en Weber's systeem is vooral opmerkelijk dat zij weer een binaire code, doch nu met *opeenvolgende* deeltekens gebruikten. In de systemen van C.M., Soemmerring en Ampère werd iedere letter aangegeven door een verandering in één van 25 of 35 verschillende

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b*

Foto Deutsches Museum, München

Fig. 8. De telegraaf van Gauss en Weber.
a) Ontvanger (replica van de tweede uitvoering van 1834). In feite was het toestel een naald-galvanometer, waarbij de naald bestond uit een 25 pond wegende ijzeren staaf die aan een torsiedraad was opgehangen.
b) Zender (replica van de uitvoeringsvorm van 1836). Dit was een inductor bestaande uit een grote draadspoel die met behulp van een scharnierende hefboom langs een tweetal verticaal opgestelde staafmagneten kon worden verplaatst. De telegrafist moest hiertoe de twee knoppen vastgrijpen en dit uiteinde van de hefboom op en neer bewegen.

indicatoren aan de ontvangzijde — waarbij iedere indicator een eigen verbindingskanaal nodig had. Schilling had, door het invoeren van de binaire codering, het aantal vereiste indicatoren reeds tot 5 gereduceerd, maar in het systeem van Gauss en Weber werd slechts één indicator met twee bewegingsmogelijkheden gebruikt (afbuiging naar rechts of links van de naald), en een groep achtereenvolgens uitgevoerde bewegingen representeerde een letter of cijfer. Zodoende was slechts één kanaal voor de transmissie nodig. Gauss en Weber waren wellicht tot dit idee gekomen doordat zij de telegrafie benaderd hadden langs een weg die min of meer tegenovergesteld was aan die van vroegere uitvinders: nadat zij een enkel kanaal voor hun metingen hadden aangelegd, dwong het achteraf opgekomen idee, dit kanaal voor telegrafie te gebruiken, hen ertoe een code te vinden die voor zulk een systeem geschikt was. Het moet gezegd worden dat de besparing in draad wel ten koste ging van de seinsnelheid, aangezien voor elke letter verscheidene afbuigingen van de naald vereist waren, en het grote gewicht van hun naald — weer een gevolg van het feit dat hun instrument oorspronkelijk voor andere doeleinden was ontworpen — droeg ertoe bij de procedure te verlangzamen. Dit werd nog erger toen Gauss en Weber in 1834 hun apparaat wijzigden en er een naald van 25 pond gewicht inbouwden, waarvan de geringe afbuigingen met een telescoop moesten worden gadegeslagen. Het is niet te verwonderen dat de seinsnelheid zelden meer dan 7 letters per minuut bedroeg.

In 1836 realiseerden Gauss en Weber nog een andere interessante verbetering aan hun telegraaf: zij maakten gebruik van het verschijnsel van de inductie — dat Faraday in 1831 had ontdekt — om de chemische batterij te vervangen, die zij in hun vroegere experimenten hadden gebruikt. Hun inductor bestond uit een draadspoel die over een tweetal grote staafmagneten op en neer kon worden geschoven. Beweging van de spoel in de ene of in de andere richting bracht een stroom teweeg die de naald van de ontvanger naar rechts of naar links deed uitwijken (*fig. 8*).

[3] Over de begintijd van de elektromagnetische telegraaf is goede informatie te verkrijgen uit boeken die reeds kort na zijn uitvinding werden gepubliceerd, zoals: H. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph, etc., Braunschweig 1850, en L. Turnbull, The electromagnetic telegraph, Philadelphia 1853.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De jaren 1830 tot 1850 waren vooral gekenmerkt door de snelheid waarmee de spoorwegen de meeste landen van West-Europa begonnen te veroveren — de eerste belangrijke spoorlijn was in 1830 tussen Manchester en Liverpool aangelegd. Het gebruik van een elektrische telegraaf om op ver verwijderde punten op de hoogte te blijven van de bewegingen van de treinen, moest wel een zeer aanlokkelijke toepassing van dit nieuwe communicatiemiddel lijken.

Tot de eersten die het gebruik van een telegraaf voor dit doel in overweging namen, behoorden de directeuren van de spoorlijn Leipzig-Dresden, die in 1836 belangstelling toonden voor de instrumenten van Gauss en Weber. De geringe seinsnelheid van deze instrumenten was echter een ernstig nadeel, en Gauss zelf, die dit wel inzag, vroeg aan Steinheil (weer een lid van de Academie der Wetenschappen te München) of hij niet een eenvoudiger en praktischer vorm voor de telegraaf kon vinden. Steinheil maakte uit de lompe ontvanger van Gauss en Weber een klein en doelmatig instrument, dat de signalen *akoestisch* weergaf door middel van twee belletjes van verschillende toonhoogte, die bij het uitwijken van de naald naar rechts of naar links werden aangeslagen. Aan de naald was hiertoe een kleine klepel aangebracht. (Bij bestudering van de brief in fig. 4 zal men zien dat C.M. ook al het gebruik van belletjes van verschillende toonhoogte had geopperd, nl. voor elk van de 25 letters een andere — wel wat veel verlangd van het gehoor van de ontvanger!) Steinheil werkte ook een andere uitvoering uit, waarbij het instrument de signalen door middel van puntjes op een bewegende papierstrook optekende. De code leek in beide gevallen op die van Gauss en Weber.

Terwijl tot dusver de telegrafietoestellen nog wel het karakter hadden gehad van een speelgoed voor volwassenen, was dit bij Steinheil's ontvangers beslist niet meer het geval. Dit geldt ook voor zijn zendtoestellen, die op hetzelfde principe berustten als dat van Gauss en Weber, maar waarvan de mechanische constructie reeds zo goed doordacht was dat deze in wezen vele decennia in gebruik bleef. Het hoofdkenmerk was dat stroomstoten in de ene of in de andere richting teweeg gebracht werden door draaien aan een kruk.

Het eerste telegrafiesysteem dat Steinheil in München inrichtte, bestond uit vier stations op onderlinge afstanden tot 8 km, die met behulp van een eenvoudig schakelbord in elke gewenste combinatie met elkaar konden worden verbonden. De instrumenten werkten zeer goed en men kon er een seinsnelheid van ongeveer 6 woorden per minuut mee halen.

In 1838 legde Steinheil een telegraaflijn langs de spoorweg van Neurenberg naar Fürth, een afstand van ongeveer 8 km. Gauss had geopperd dat het bij spoorwegtoepassingen misschien mogelijk zou zijn de twee draden weg te laten en de twee rails als geleiders te gebruiken. Steinheil constateerde spoedig dat de isolatie tussen de twee rails hiervoor onvoldoende was, maar hij besloot de rails althans als vervanging voor één van de draden te gebruiken. Hij ontdekte toen dat de installatie ook bleef werken toen de rails per ongeluk onderbroken waren en concludeerde daaruit (wat anderen ook al hadden geconstateerd) dat de aarde zelf als geleider fungeerde. Zo voerde hij het gebruik van de aarde als terugleiding in, wat voor zijn eigen en andere toekomstige telegraaflijnen een verdere kostenbesparing meebracht.

Ook voor de spoorlijn van München naar Augsburg werd de inrichting van een dergelijke telegraaflijn overwogen, maar ondanks de goede werking van de lijnen waren de leidende personen van mening dat de uitgave voor de aanleg niet gerechtvaardigd was. Het voorstel werd ingetrokken en de ontwikkeling van de telegrafie in Duitsland stagneerde gedurende een aantal jaren. Hij werd pas later weer op gang gebracht door stimulerende invloeden uit Engeland en Amerika, waar men de voordelen van de elektrische communicatie sneller inzag.

De ontwikkeling in Engeland

De ontwikkeling van de elektrische telegraaf in Engeland en zijn praktische toepassing waren vrijwel geheel te danken aan het werk van W. F. Cooke en Charles Wheatstone. Bij een bezoek aan Heidelberg in 1836 had Cooke een demonstratie van een van de instrumenten van Schilling bijgewoond. Deze had grote indruk op hem gemaakt vanwege de commerciële mogelijkheden die hij voor een elektrische telegraaf voorzag. Na zijn terugkeer naar Engeland probeerde hij ook een telegraaf in verschillende uitvoeringsvormen te bouwen, maar zonder veel succes, en al spoedig voelde hij behoefte aan een wetenschappelijke adviseur. Hij wendde zich tot Faraday en deze verwees hem naar Wheatstone, die professor aan King's College te Londen was. Wheatstone had zelf ook al proeven met een soort elektrische telegraaf gedaan, en op grond van hun gemeenschappelijke belangstelling voor dit probleem besloten zij hun inspanningen als gelijkwaardige partners te combineren.

De eerste succesvolle telegraaf die door Cooke en Wheatstone werd ontwikkeld, bevatte vijf verticale, om horizontale asjes draaibare, naalden die zich bevonden voor een ruitvormige wijzerplaat waarop de letters van het alfabet waren aangebracht (*fig. 9*). Achter de wijzerplaat was op het asje van elk van de vijf naalden een kleine magneet bevestigd waaromheen een draadspoel was geplaatst, en met toetsen aan de voorzijde van het instrument kon door een geschikte schakeling elke naald naar keuze naar rechts of naar links

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

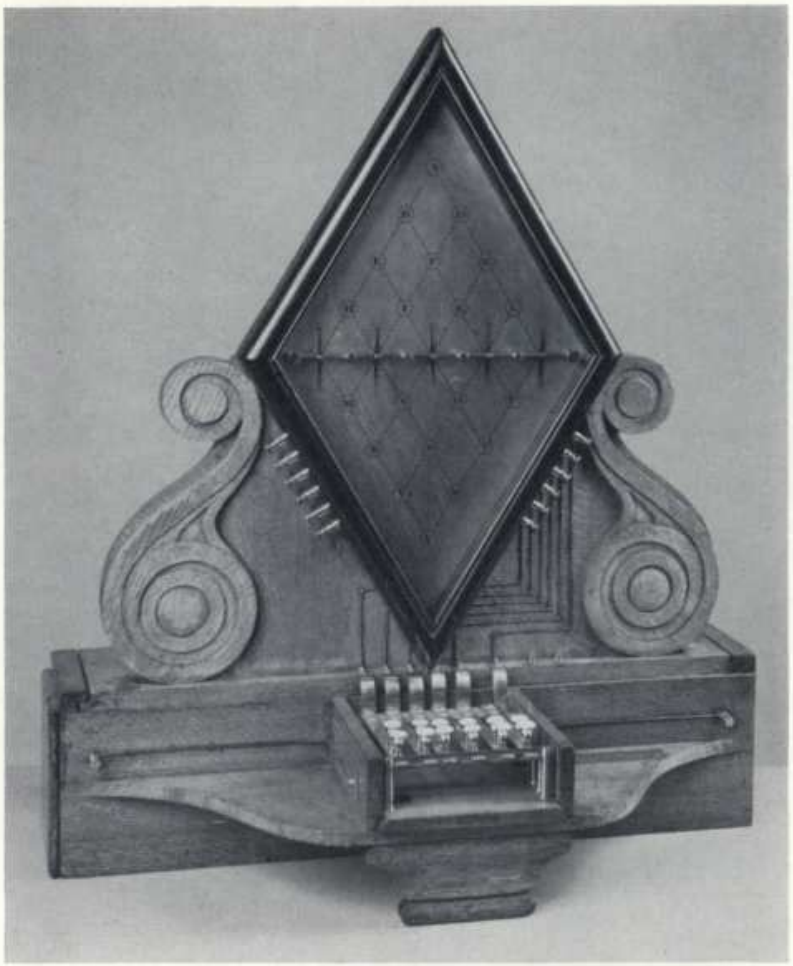


Foto Science Museum, Londen

Fig. 9. De vijf-naaldentelegraaf van Cooke en Wheatstone. Het afgebeelde toestel is een van het tweetal dat in 1837 voor demonstratiedoeleinden werd vervaardigd en vervolgens van 1839 tot 1843 werd gebruikt voor de Great Western Railway.

worden afgebogen; in de ver verwijderde ontvanger onderging dan de overeenkomstige naald op hetzelfde ogenblik dezelfde afbuiging. Elke gewenste letter kon worden overgeseind door twee der naalden in tegengestelde richtingen af te buigen, nl. zodanig dat het verlengde van de ene naald en dat van de andere elkaar bij de gegeven letter sneden. Dit was een vernuftige combinatie van de binaire code, die slechts gebruik maakte van twee bewegingen (naar links of naar rechts), en de plaatscode die C.M., Soemmerring en Ampère voorgesteld hadden maar waarbij afzonderlijke indicatoren voor elke letter werden gebruikt: men kon weer met vijf verbindingsdraden volstaan (plus een terugleiding via de aarde), evenals bij het toestel van Schilling, maar tevens had men het voordeel dat de overgeseinde letters onmiddellijk konden worden afgelezen. Voor het werken met het toestel behoefde men derhalve niet speciaal geschoold te zijn en iedereen kon binnen enkele minuten leren ermee om te gaan.

In augustus 1837 werden twee van deze instrumenten vervaardigd en aan de directeuren van de spoorlijn Londen-Birmingham op een lijn ter lengte van ongeveer 2,5 km gedemonstreerd. Hoewel de demonstraties heel succesvol verliepen, bleven enkele directeuren aan het nut van een dergelijke communicatie twijfelen en de installatie werd weer afgebroken. In het volgende jaar echter slaagde Cooke erin de directeuren van een andere spoorlijn, de Great Western, tot aanschaffing van een telegraafverbinding te bewegen, en in juli 1839 werd er tussen Paddington Station in Londen en West Drayton een lijn over een afstand van ongeveer 20 km geopend. Bij deze lijn werd hetzelfde tweetal instrumenten gebruikt, en de installatie werkte zo goed dat de lijn in 1842 tot Slough werd doorgetrokken. (Een van deze beide instrumenten is in fig. 9 afgebeeld en bevindt zich nu in het bezit van het Science Museum; in het begin van vorig jaar heeft men ontdekt dat het tweede instrument, dat als verloren was beschouwd, zich in het bezit van het Postmuseum in Oost-Berlijn bevindt.)

We hebben uiteengezet dat het vijf-naaldeninstrument kon worden beschouwd als een combinatie van het streven naar een zuinig gebruik van draad èn naar een eenvoudige code. Naarmate men meer ervaring in het werken met de telegraaf kreeg, begonnen sommigen zich te realiseren dat een eenvoudige aflezing eigenlijk niet van belang was en dat een ervaren telegrafist met een schijnbaar ingewikkelde code en een systeem met slechts één of twee indicatoren een grotere seinsnelheid kon bereiken. Op deze gedachte voortbordurend, trok Cooke in 1842 de instrumenten met vijf naalden uit de installatie voor de Great Western Railway terug en verving ze door een constructie met slechts twee naalden. Iedere letter werd overgeseind door een reeks kortdurende afbuigingen naar links of naar rechts van één of van beide naalden — een stap dus in de richting van het systeem van Gauss en Weber. De code moesten de telegrafisten natuurlijk eerst leren, maar het systeem bleek al spoedig een grote vooruitgang: behalve dat er een kleinere kapitaalsinvestering voor nodig was (nl. minder draden en eenvoudiger instrumenten), kon hiermee een seinsnelheid van niet minder dan 22 woorden per minuut worden bereikt!

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Foto Science Museum, Londen

Fig. 10 De hier afgebeelde twee-naaldentelegraaf, voorzien van Gotische letters en ondergebracht in een rijk gesneden huis, werd in 1846 geplaatst in een der vergaderzalen van het House of Commons.

Het succes van de twee-naaldentelegraaf op de Great Western Railway werkte stimulerend op de voortgang in andere delen van Engeland. Cooke had reeds in 1840 opdracht ontvangen een telegraaflijn voor de Blackwall Railway te installeren; in 1843 legde hij een lijn aan tussen Norwich en Yarmouth, een verbinding van Londen naar Gosport en Southampton werd in 1845 tot stand gebracht en een verbinding tussen Londen en Dover in 1846.

De elektrische telegraaf begon nu de aandacht van het grote publiek te trekken. Een gebeurtenis in 1845 droeg er in het bijzonder toe bij, het publiek te doen beseffen welke diensten de telegraaf aan de gemeenschap kon bewijzen. In de omgeving van Slough werd een vrouw in haar huis vermoord en men zag haar moordenaar in Slough Station in een trein naar Paddington stappen. Onmiddellijk werd er met de elektrische telegraaf een boodschap naar Paddington gestuurd, waar de man bij aankomst van de trein werd herkend en vervolgens gearresteerd. Zijn berechting wekte enorme belangstelling en toen de verdachte ten slotte schuldig werd verklaard en opgehangen, deed het gezegde de ronde dat de man „was opgehangen door de elektrische telegraaf."

Minder in het oog lopend maar misschien nog belangrijker was de toepassing die de telegraaf spoedig in het politieke leven zou vinden. In 1846 werd in een der vergaderzalen van het House of Commons door de Electric Telegraph Company een twee-naaldentelegraaf geïnstalleerd, waarvan het uiterlijk was aangepast aan de architectuur van de omgeving (*fig. 10*); dit toestel werd gebruikt om berichten betreffende parlementaire aangelegenheden te zenden en te ontvangen.

Op dit punt, waar we de elektrische telegraaf vaste voet in Engeland zien krijgen, zouden we gevoegelijk dit toneel kunnen verlaten, maar we willen toch nog even ingaan op een interessante verdere ontwikkelingslijn. Terwijl Cooke reeds vroeg tot het inzicht was gekomen dat een gemakkelijke interpretatie van de ont-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

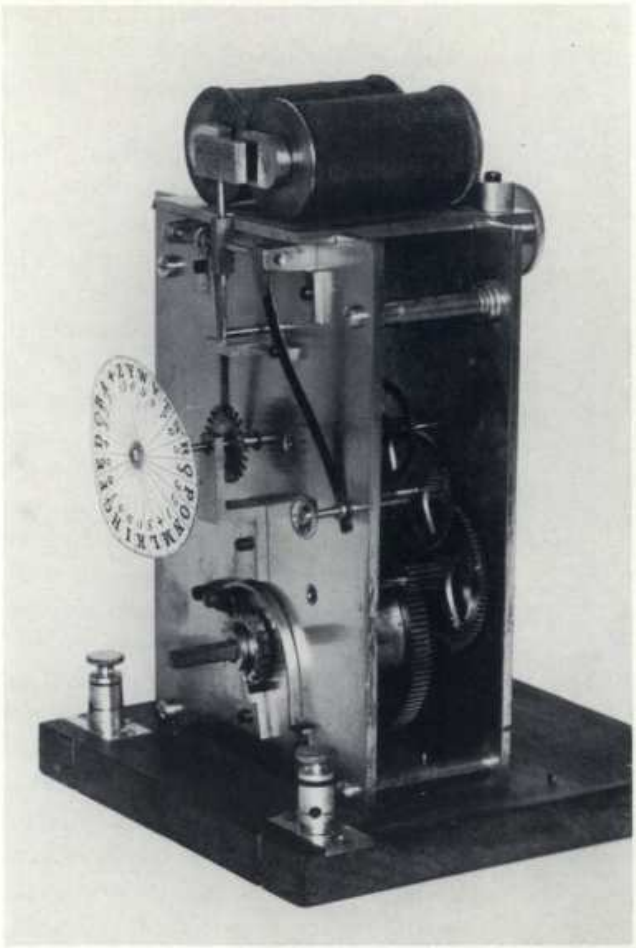


Foto Science Museum, Londen

Fig. 11. Wheatstone's ABC-telegraaf van 1840. Deze berustte op het gebruik van een elektromagnetisch echappement: een elektromagneet die wordt bekrachtigd door stroomstoten van de zender, brengt een stapsgewijze rotatie van een papierschijf teweeg, die letters en cijfers draagt en die aangedreven wordt door een uurwerk.

vangen seinen minder belangrijk was dan een besparing van draad, en ook niet van belang was voor een grote seinsnelheid, schijnt zijn partner Wheatstone altijd meer gevoeld te hebben voor uitvoeringsvormen van de telegraaf waarbij de letters onmiddellijk worden aangeduid. In 1840 ontwierp hij zijn zg. ABC-telegraaf (*fig. 11*). Deze had slechts een enkele verbindingsdraad nodig, waarover stroomstoten werden gestuurd om een elektromagneet in de ontvanger te bekrachtigen. Deze elektromagneet bestuurde het echappement van een uurwerk, waardoor een papierschijf, die langs de omtrek de letters van het alfabet en de cijfers droeg, stap voor stap langs een venstertje werd gedraaid. Het seinen van een bepaalde letter geschiedde door de schijf op het ogenblik waarop de gewenste letter in het venster zichtbaar was even stil te laten staan. Dit systeem kwam in wezen op hetzelfde neer als de tijdcodering die Chappe en Ronalds hadden toegepast (blz. 278), alleen was de tijdschaal hier willekeurig en onregelmatig; met de genoemde systemen had het onderhavige ook gemeen het nadeel van een lange toegangstijd („access time", zoals het thans in rekenmachinetaal heet). Een jaar later, in 1841, ging Wheatstone zelfs nog verder en bouwde zijn instrument om tot een druktelegraaf. De letterschijf was in dit instrument vervangen door een typenrad, d.w.z. een reeks in een cirkel gerangschikte bladveertjes, ieder voorzien van een gesneden drukletter; in plaats van het venster was er een hamertje achter dit rad (*fig. 12*). Was de juiste stand van het rad voor een bepaalde letter bereikt, dan werd een afzonderlijk signaal gegeven dat de hamer tegen de drukletter deed slaan, waardoor deze op een blad papier werd afgedrukt dat om een trommel was gelegd. De trommel maakte een draaiende en een heen- en weergaande beweging, net als in onze moderne schrijfmachines. Het toestel was uiterst vernuftig geconstrueerd, maar in die tijd had men nog geen behoefte aan een druktelegraaf. Wheatstone maakte slechts twee exemplaren ervan, en deze bleven ongebruikt en vergeten meer dan 100 jaar in een hoekje in King's

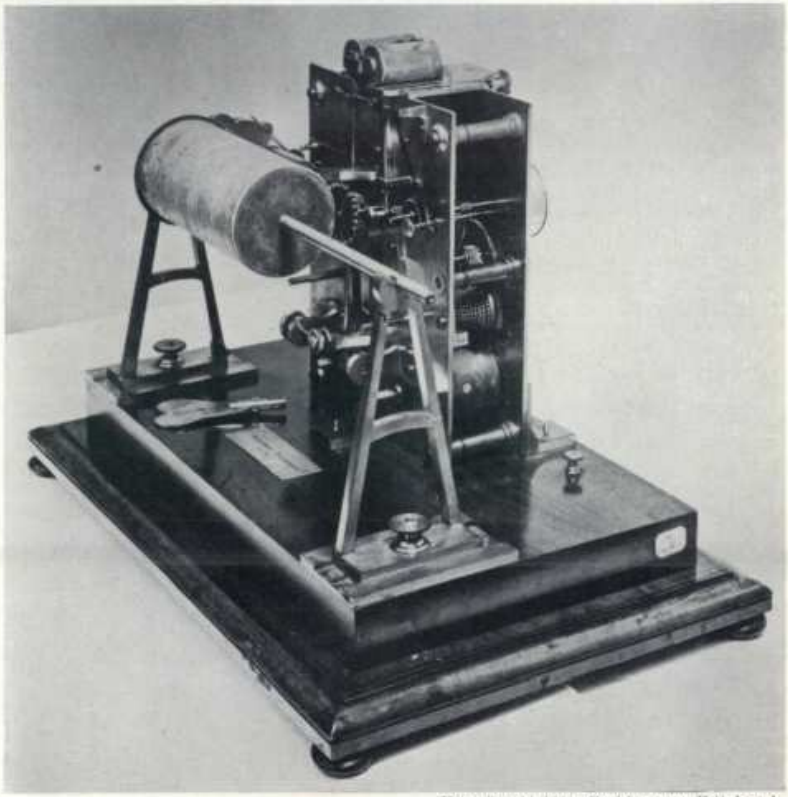


Foto Royal Scottish Museum, Edinburgh

Fig. 12. Wheatstone's druktelegraaf van 1840. Deze is een verdere ontwikkeling van de ABC-telegraaf van fig. 11. (Een nog fraaier geconstrueerd exemplaar, dat bedrijfsklaar is maar dat zich minder ertoe leent het mechaniek zichtbaar te maken, bevindt zich in het Science Museum te Londen.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Foto Science Museum, Londen

Fig. 13. Wheatstone's ABC-telegraaf van 1858. Evenals die van fig. 11 bevat deze een mechaniek voor een stapsgewijze rotatie van een letterschijf of wijzer, maar de constructie is aanzienlijk verbeterd ten opzichte van de voorgaande. Bij het zenden draait men de kruk, waardoor een doorlopende reeks stroomstoten wordt opgewekt. Om een letter over te seinen, drukt men de desbetreffende knop in. Door de stroomstoten gaat dan de wijzer zowel van de zender als van de ontvanger lopen, en beide komen automatisch bij de gekozen letter tot staan. Instrumenten in deze uitvoering waren nog tot 1920 op lijnen tussen afgelegen plaatsen in Groot-Brittannië in gebruik.

College te Londen staan, tot de schijver van dit artikel ze daar enkele jaren geleden ontdekte.

Vele jaren later — in 1858 — nam Wheatstone octrooi op een geheel nieuw ontwerp van de ABC-telegraaf. Deze toestellen (zie *fig. 13*) waren nogal ingewikkeld, maar uitstekend geconstrueerd; zij werkten zeer betrouwbaar en bleven lange jaren op privé-telegraaflijnen in zwang. Ook op openbare lijnen met zo geringe verkeersdichtheid dat het niet lonend was ze met geschoolde telegrafisten te bemannen, zijn deze toestellen lange tijd in gebruik gebleven — enkele zelfs tot 1920!

De ontwikkeling in Amerika

De ontwikkeling en invoering van de elektrische telegraaf in Amerika wordt gewoonlijk geheel en al aan Samuel Morse toegeschreven. Dit is een al te eenvoudige en onrechtvaardige voorstelling van zaken, zoals we in dit hoofdstuk zullen zien.

Morse, die van opleiding en beroep schilder was, kwam op het idee van een elektrische telegraaf toen hij in 1832 van een reis naar Europa terugkeerde. Hij was toen bijna 50 jaar oud. Een replica van het eerste primitieve toestel, dat hij in 1835 construeerde en waarvoor hij een stuk van een schildersezel als chassis gebruikte, is in *fig. 14* afgebeeld. Aan een veer was een houten slinger opgehangen, die een ijzeren staaf en een schrijfpen droeg en die heen en weer moest worden bewogen door een elektromagneet, die bekrachtigd moest worden door stroomstoten uit een batterij. Hierbij moest door de pen een zigzaglijn worden geschreven op een papierstrook, die door een soort uurwerk met gewichtsaandrijving continu over een rol werd getrokken. Het instrument functioneerde niet goed, wat geen wonder was daar Morse maar weinig van de theorie van het elektromagnetisme begreep en over generlei mechanische vaardigheid beschikte. Het toestel weerspiegelde echter al duidelijk een verschil tussen de opvattingen die men in Amerika en in Engeland omtrent de werking van een telegraaf had. In Engeland ging men ervan uit dat het ontvangtoestel van een telegraaf het ontvangen signaal visueel moest aanbieden en dat een geschoold telegrafist het op dat moment moest aflezen en op schrift stellen. Ook nadat Wheatstone de mogelijkheid van een druktelegraaf had aangetoond, bleef men nog geruime tijd aan dit principe vasthouden. In Amerika daarentegen achtte men het van meet af aan noodzakelijk dat het ontvangtoestel een schriftelijk document van de signalen op een papierstrook moest leveren, welk document later door halfgeschoolde telegrafisten in gewoon schrift kon worden vertaald. Door deze scheiding van functies werd vermeden dat de seinsnelheid door de snelheid van vertalen werd beperkt (zie ook blz. 185).

Tegen het einde van 1835 maakte Morse kennis met Leonard Gale, professor in de chemie aan de universiteit New York. Geholpen door Gale en Joseph Henry, aan wie Gale hem had voorgesteld en die hem enige begrippen uit de elektriciteitsleer had bijgebracht,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

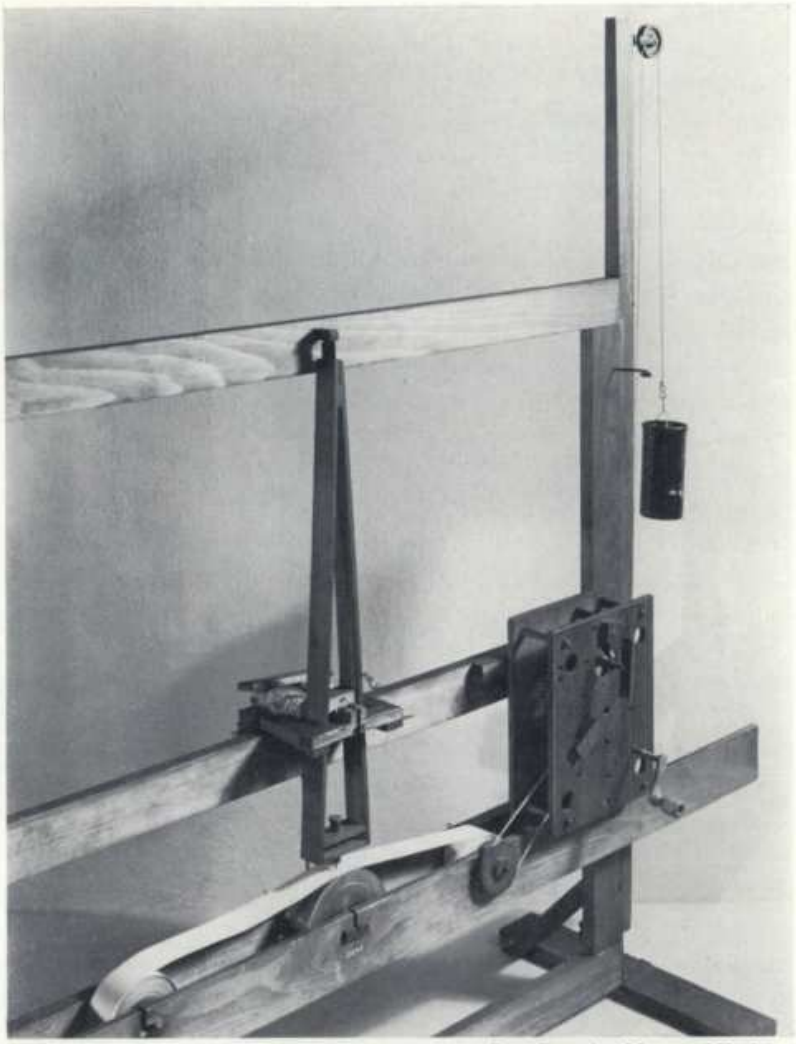


Foto Deutsches Museum, München

Fig. 14. De elektromagnetische telegraaf van Morse. Eerste uitvoering van de ontvanger in 1835 (replica).

kwam Morse wat verder, maar pas nadat hij in 1837 de medewerking had gekregen van een jonge mechanicus, Alfred Vail, werden zijn pogingen met succes bekroond. Vail, die een goede opleiding had gehad en een uitstekende instrumentmaker was, ontwierp het telegraaftoestel geheel opnieuw, en in het begin van 1838 lukte het hiermee seinen uit te zenden over een lijn van ongeveer 5 km lang. Het instrument van Vail schreef punten en strepen, een systeem dat ook in alle latere uitvoeringen werd gevolgd (*fig. 15*).

De codering was natuurlijk weer een essentiële kwestie voor een dergelijk systeem. Morse was begonnen een soort codeboek of dictionaire samen te stellen, waarbij hij zich voorstelde dat bepaalde berichten zouden worden overgebracht door het uitzenden van groepen van cijfers — een zeer oud idee, dat reeds vele malen voorgesteld en nader uitgewerkt was, b.v. ook in verband met Chappe's optische telegraaf. Vail beschouwde een dergelijke methode als te beperkt en te lastig; hij gaf de voorkeur aan een code waarbij een bepaalde letter door een reeks opeenvolgende symbolen wordt voorgesteld, en hij volgde hiermee dus het voorbeeld van Gauss, Steinheil, Cooke. Bij het uitwerken van zijn code echter toonde Vail zich de meerdere van al zijn voorgangers. Met behulp van een drukker ging hij na hoe vaak elke letter gemiddeld in de engelse taal wordt gebruikt, en hij koos nu de kortste symbolen voor de meest voorkomende letters — een enkele punt voor de „e", een enkele streep voor de „t", enz. Zo ontstond de Morse-code, een zeer doelmatige code waarvan alleen de naam fout is: hij zou Vail-code moeten heten.

Dat vrijwel altijd Morse genoemd wordt als de uitvinder van de elektro-

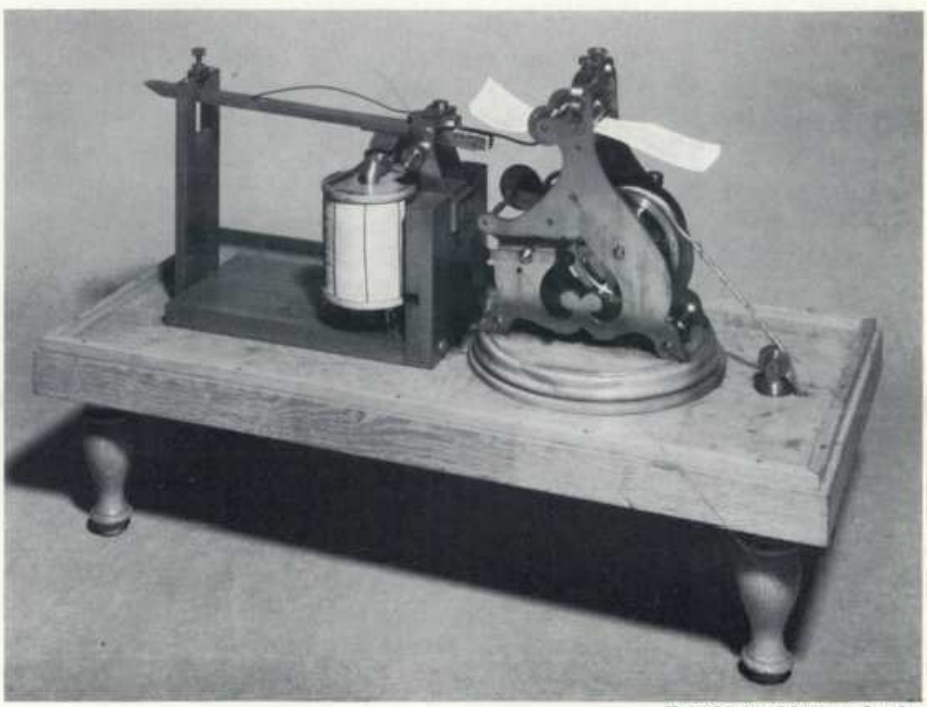


Foto Science Museum, Londen

Fig. 15. Morse-telegraaf in de door Vail gewijzigde vorm. Uitvoering van 1845 (replica). Deze uitvoeringsvorm werd in de begintijd op alle Morse-telegraaflijnen in Amerika toegepast.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

magnetische schrijvende telegraaf en van de beroemde code, is vrijwel zeker het gevolg van een overeenkomst die tussen Morse, Gale en Vail werd gesloten en waarin werd afgesproken dat alle uitvindingen en ontwikkelingen in hun werk aan de telegraaf aan Morse zouden worden toegeschreven. Uit commercieel oogpunt zullen er wel goede redenen voor deze handelwijze bestaan hebben, maar ze paste helaas ook maar al te goed bij een betreurenswaardige eigenschap van Morse, nl. zijn onstuitbare verlangen om bij het publiek succes te oogsten. Deze eigenschap was er blijkbaar ook de oorzaak van dat Morse niet voldoende recht deed wedervaren aan de grote betekenis die Henry's adviezen voor het uiteindelijke succes van hun telegraafsysteem hadden gehad. Het probleem om een elektromagneet via zeer lange draden uit een batterij te bekrachtigen, was geenszins gemakkelijk op te lossen, daar het begrip van de impedantie-aanpassing in die tijd nog onbekend was. Henry had echter in 1830 aangetoond dat het in zulk een situatie nutteloos was een „quantity battery" (dat wil zeggen een batterij met grote platen doch weinig cellen) te zamen met een „quantity magnet" te gebruiken (dat wil zeggen een magneet met weinig windingen van dikke draad), maar dat een „intensity battery" gecombineerd met een „intensity magnet" voor het doel bruikbaar was. Op grond van zulke overwegingen kon Henry advies aan Morse en Vail geven hoe zij hun spoelen en batterijen moesten dimensioneren ten einde de afstand waarover hun telegrafiesignalen konden worden ontvangen zo groot mogelijk te maken. Henry vond ook het *relais* uit, dat Morse al spoedig toepaste: door op geschikte afstanden een dergelijk relais in te schakelen, kon hij telegrafiesignalen op veel grotere afstanden overbrengen dan men tot dan toe had geprobeerd.

In tegenstelling met Engeland, waar de spoorwegen zo'n belangrijke rol bij het ontstaan van een telegraafnet hadden gespeeld, moest de telegraaf het in Amerika geheel van de politici hebben, die hun steun en subsidie moesten verlenen voordat er uitzicht op enige commerciële belangstelling bestond. Gedurende de vijf jaren tussen 1838 en 1843 deed Morse herhaalde pogingen de steun van de regering voor het inrichten van een telegraaflijn te krijgen. Maar pas in maart 1843 kon het Congres ertoe worden overgehaald 30 000 dollar voor dit doel ter beschikking te stellen. Deze som werd gebruikt om een lijn tussen Washington en Baltimore aan te leggen, d.i. een afstand van ongeveer 65 km, en de eerste mededeling werd hierover uitgezonden op 24 mei 1844, met een seinsnelheid van ongeveer 6 woorden per minuut. De lijn werd op 1 april 1845 voor gebruik door het publiek opengesteld.

Toen het nut van de telegraaf eenmaal gebleken was, maakte de vroegere onverschilligheid plaats voor een grenzeloos enthousiasme, en Morse, die velen tot dusver als een irriterende dwarsdrijver hadden beschouwd, werd nu als held gevierd. Een klein politiek incident waarin de telegraaf een belangrijke rol vervulde, droeg nog tot zijn populariteit bij, en al spoedig werd er een lijn tussen New York en Philadelphia geprojecteerd. In de loop van de volgende tien jaar groeide er in de Staten aan de Atlantische kust een wijdvertakt netwerk van telegraaflijnen, die door bijna veertig verschillende maatschappijen werden geëxploiteerd; in 1856 gingen deze een fusie aan en vormden een onderneming die tot heden bekend staat als de Western Union.

Verdere ontwikkelingen

Tegen het midden van de 19e eeuw stond Amerika bij het invoeren van de elektrische telegraaf als modern communicatiemiddel aan de spits: volgens een in 1853 opgestelde lijst van de uitbreiding van de telegraaf in verschillende landen hadden de telegraaflijnen in de Verenigde Staten toen een totale lengte van 38 000 km, in Engeland van ongeveer 4000 km, in Duitsland (waar sinds 1848 het telegraafnet zich weer krachtig was gaan ontwikkelen [4]) van ongeveer 4800 km en in Frankrijk van 1200 km.

In Frankrijk was de invoering van de elektrische telegraaf lange tijd tegengehouden door het bestaan van een uitgebreid en goed functionerend net van optische telegraaflijnen volgens Chappe. Men meende dat dit aan de bestaande behoefte wel kon voldoen, en er was zoveel in geïnvesteerd en de opleiding van de telegrafisten had zoveel moeite gekost dat het psychologisch moeilijk was dit hele systeem op te heffen. Toen Foy, de directeur van de Chappe-telegraaf, in 1843 eindelijk in overweging nam een experimentele elektrische telegraaflijn in Frankrijk in te richten, stelde hij als voorwaarde dat het toestel dezelfde visuele indicaties moest kunnen geven als in het Chappe-systeem werden gebruikt, zodat het niet nodig zou zijn de telegrafisten een nieuwe code te leren. De constructeur Bréguet speelde dit inderdaad klaar: in 1845 voltooide hij zijn toestel, dat gebaseerd was op een combinatie van twee elektromagnetische echappementen zoals in Wheatstone's eerste ABC-telegraaf waren gebruikt, en dat in de ontvanger inderdaad een configuratie vertoonde die identiek was met de répétiteur van Chappe (*fig. 16*). Doordat Bréguet's instrument aan deze zonderlinge eis moest voldoen, behoeft het ons niet te verbazen dat het ondanks het vernuft waarmee het was gecon-

[4] Een interessante publikatie uit die tijd, waarin speciaal de toepassing van de telegraaf voor de Duitse spoorwegen wordt besproken, is: W. Fardely, Der elektrische Telegraph mit besonderer Berücksichtigung seiner practischen Anwendung für den gefahrlosen und zweckgemässen Betrieb der Eisenbahnen, etc., Mannheim, ongeveer 1855.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

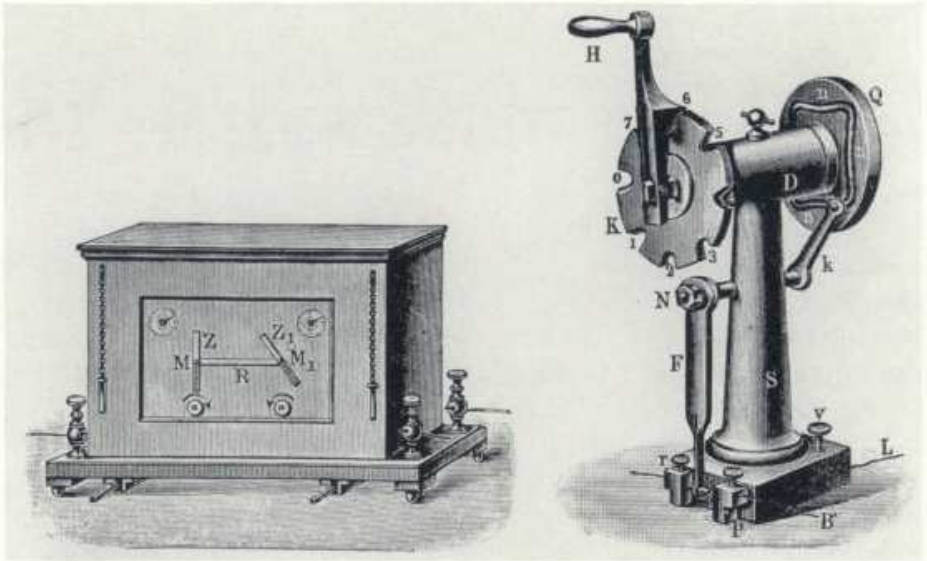


Fig. 16. Elektromagnetische telegraaf, in 1845 door Bréguet ontworpen voor de Franse regering. Hij berustte op het gebruik van twee elektromagnetische echappementen (verg. fig. 11), waarvan ieder 8 standen kon innemen. In de ontvanger (*a*) deden deze echappementen twee wijzers roteren die eenzelfde configuratie hadden als de répétiteur van een optische telegraaf volgens Chappe (verg. fig. 1), en het was de bedoeling, voor het seinen de Chappe-code te gebruiken! De zender bevatte twee eenheden met krukken, waarvan er een in (*b*) is afgebeeld, en deze waren eveneens zo opgesteld dat de krukken een répétiteur als die van Chappe vormden. (Ontleend aan Th. Karrass, Geschichte der Telegraphie, Braunschweig 1909.)

strueerd, wat efficiëntie en economie betreft niet het onderste uit de kan haalde.

In Nederland werd de eerste elektromagnetische telegraaf in 1845 voor de spoorlijn Amsterdam-Haarlem geïnstalleerd; hierbij werd een naaldtelegraaf analoog aan die van Cooke en Wheatstone toegepast. In 1851 werd op een der toen bestaande lijnen de Morsetelegraaf ingevoerd, en deze verdrong geleidelijk de andere typen. Iets dergelijks speelde zich ook in andere landen af, toen het met het toenemende verkeer steeds duidelijker werd hoe belangrijk het was van iedere overgeseinde mededeling een document te bezitten. Om dezelfde redenen werd ook een regeling bij de wet nodig geacht. In Nederland werd reeds in 1852 een wet betreffende de openbare telegrafie uitgevaardigd („Wet tot regeling der gemeenschap door elektromagnetische Telegraphen").

Na het midden van de eeuw breidde de toepassing van de telegrafie zich in allerlei richtingen uit. De afstanden die men door telegraaflijnen overbrugde, werden steeds groter en in 1850 werd een belangrijke mijlpaal bereikt met het leggen van een onderzeekabel, die Engeland met het vasteland van Europa verbond. Nieuwe toestellen werden uitgevonden ter verhoging van de seinsnelheid: men ziet al gauw schuchtere stappen in de richting van mechanisatie (zie b.v. *fig. 17*), en verrassend vroeg werd een stap gedaan naar volledige automatisatie, nl. met behulp van de ponsband, die in 1858 in hoofdzaak door Charles Wheatstone werd uitgevonden en die heden zulk een grote rol speelt, niet alleen in de telecommunicatie, maar ook in de elektronische rekenmachines.

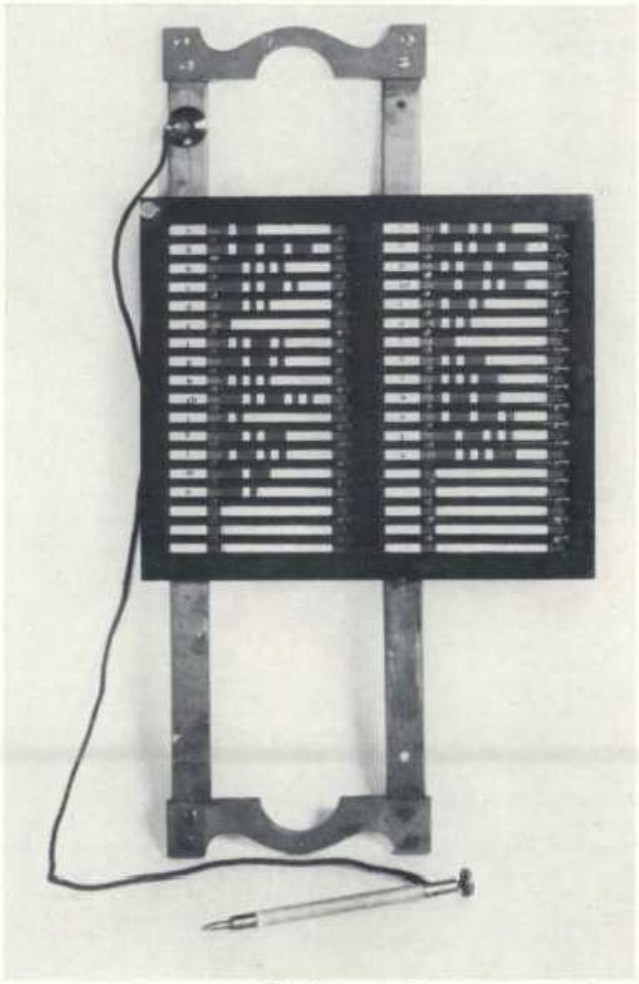


Foto Post- und Telegraphenmuseum, Wenen

Fig. 17. Schrijftafeltje voor het mechanisch opwekken van de stroomstoten volgens de Morse-code (1856): om een letter te seinen, streek men de aan een verbindingsdraad hangende contactgriffel (zie onderaan) over de desbetreffende rij contacten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Overigens was Wheatstone ook een van de eersten die de principes van de elektrische telegrafie trachtten toe te passen voor metingen op afstand (telemetering): in 1843 ontwierp hij een telegraaf-thermometer, die met een kabelballon moest worden opgelaten en die door een dubbele koperdraad in verbinding bleef met het grondstation; in dit station kon dan onmiddellijk de temperatuur van de hogere luchtlagen worden afgelezen. Een andere opmerkelijke nevenontwikkeling was het gebruik van telegraafsystemen voor het overbrengen van tijdseinen. Deze mogelijkheid hadden reeds Gauss en Weber gezien (blz. 182), en tegen 1850 waren de elektrische klokken een belangrijke zijtak van de techniek van de elektrische telegrafie geworden, zoals blijkt uit het boek van Schellen dat in dat jaar werd gepubliceerd (*fig. 18*).

Als laatste ontwikkeling van ongeveer het midden van de vorige eeuw noemen wij die van de druktelegraaf, waarbij wederom Wheatstone (reeds in 1841) als pionier vermeld moet worden. Door het werk van House, Brett, Hughes, Baudot en vele anderen heeft deze ontwikkeling geleid tot de tegenwoordige vorm van de „verreschrijver", het toestel waarop het huidige internationale telexsysteem is gebaseerd, dat voor industrie en handel onmisbaar is geworden.

Der

elektromagnetiſche Telegraph

in

den einzelnen Stadien ſeiner Entwicklung

und in ſeiner

gegenwärtigen Ausbildung und Anwendung,

nebſt einer Einleitung über

die optiſche und akuſtiſche Telegraphie

und einem Anhange über

die elektriſchen Uhren.

Für Freunde der Phyſik, Telegraphen-Beamten, Ingenieure, Techniker und Mechaniker

bearbeitet

von

Dr. H. Schellen,

Oberlehrer an der Realſchule zu Duſſeldorf

Mit 166 in den Text eingedruckten Holzſchnitten.

Braunſchweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1850.

Fig. 18.

Aanbevolen literatuur

Behalve de reeds aangehaalde boeken en artikelen (zie [1] tot [4] en bij fig. 2 en fig. 15) willen we hier nog noemen:
J. Priestley, The history and present state of electricity, etc., 1775.
R. Sabine, History and progress of the electric telegraph, 1869.
J. J. Fahie, A history of electric telegraphy to the year 1837, Londen 1884.
R. Hennig, Die älteste Entwicklung der Telegraphie und Telephonie, Leipzig 1908.
E. Feyerabend, Der Telegraph von Gauss und Weber, Berlijn 1933.
W. J. King, The development of electrical technology in the 19th century, 2. The telegraph and the telephone, Bull. 228 Smithsonian Institution, Washington (D.C.) 1962.

Samenvatting. Het eerste voorstel voor een elektrische telegraaf, dat nog gebaseerd was op het gebruik van statische elektriciteit, dateert van 1753; aan het einde van de 18e en in het begin van de 19e eeuw werd met verschillende systemen van dit soort geëxperimenteerd. In de tussentijd had de dringende behoefte die men ten gevolge van de oorlogsomstandigheden aan een snelle communicatie voelde, ertoe geleid dat in Frankrijk en andere landen een uitgebreid net van optische telegrafen werd ingericht (Chappe 1792). Na enkele pogingen om elektro-chemische verschijnselen voor telegrafie te gebruiken, begon een snelle ontwikkeling toen men de fundamentele ontdekkingen van het elektromagnetisme had gedaan (Oersted 1820, Faraday 1831). Het artikel geeft een kort overzicht van de ontwikkelingen in Duitsland (Gauss en Weber, Steinheil), in Engeland (Cooke en Wheatstone) en in Amerika (Morse, Vail en Henry). In alle telegrafiesystemen is de codering een punt van centraal belang, daar hierbij een compromis moet worden nagestreefd tussen een zo goedkoop mogelijke aanleg en een zo groot mogelijke seinsnelheid en gemakkelijke bediening. Bij de beschrijving van de ontwikkeling der verschillende systemen wordt speciaal aandacht aan dit aspect besteed.

Jaargang 26, 1964/65, no. 4/5 blz. 105-192 Verschenen 30 april 1965

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!